



«СОЛОН-Р» — РАДИОЛЮБИТЕЛЯМ

А. Евсеев

ПОЛЕЗНЫЕ СХЕМЫ ДЛЯ РАДИОЛЮБИТЕЛЕЙ



Новые технические решения
Нестандартные включения ИМС
Особенности работы с современными ИМС
Конструкции для школьной лаборатории и игротеки
Бытовая электроника

А. Н. Евсеев

Полезные схемы для радиолюбителей

новые технические решения

нестандартные включения ИМС

особенности работы с современными ИМС

конструкции для школьной лаборатории и игротеки

бытовая электроника

"Солон-Р"
Москва 1999

Андрей Николаевич Евсеев

Полезные схемы для радиолюбителей

новые технические решения, нестандартные включения ИМС, особенности работы с современными ИМС, конструкции для школьной лаборатории и игротеки, бытовая электроника

В книге, рассчитанной на широкий круг радиолюбителей и домашних мастеров, приводятся новые технические решения по любительской бытовой электронике, нестандартные включения микросхем, особенности работы с современными интегральными микросхемами на многочисленных примерах, разработанных автором конструкций для школьной лаборатории, игротеки, для практического применения в быту.

Ответственный за выпуск: С. Иванов
Редакторы: А. Гриф, Е. Стариков
Обложка: А. Микляев

SBN 5-93455-008-X

ОТ ИЗДАТЕЛЯ

Эта книга "Полезные схемы для радиолюбителей" является существенно расширенным и дополненным, ранее изданным вариантом работы автора "Электронные конструкции своими руками" Она была выпущена в Радиобиблиотеке "Символа-Р" "Отцы и дети" Этот новый выпуск позволит читателям, интересующимся современной электроникой, познакомиться с оригинальными новыми схемными решениями автора — известным разработчиком электронных приборов и устройств для повторения как начинающими, так и более опытными радиолюбителями Если некоторые конструкции тем, кто делает лишь первые шаги, только начинает чтение подобной литературы с паяльником в руках покажутся слишком сложными, то, несомненно, им помогут их отцы или руководители радиокружков

Эту книгу отличает практическая полезность всех описанных конструкций для использования в школе или у себя дома Несмотря на простоту схемных решений, они помогут создать не только нужный прибор, но научиться работать с основой современной электроники — с микросхемами

В этом плане особый интерес представляют разработки автора, помещенные в разделе "Новые технические решения" Приведенные там электронные приборы и устройства, такие, как "Цифровой измеритель заряда", который резко повышает качество и надежность при зарядке аккумуляторов различных типов, "Стабилизатор сетевого напряжения", не искажающий форму напряжения сети и способный работать без нагрузки, "Охранное устройство на базе имитатора" и другие, впервые описаны в радиолюбительской литературе

Большинство устройств схемно просты и не требуют налаживания, в необходимых же случаях сообщаются подробные сведения о наладке Даны рисунки печатных плат и внешнего вида устройств В описаниях конструкций приводятся сведения по возможной замене элементов, этому же посвящена и отдельная глава книги Все устройства были собраны автором и проверены в работе, некоторые из них эксплуатируются в быту на протяжении значительного времени Издательство желает успехов юным радиоконструкторам и их наставникам

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МИКРОСХЕМЫ И РАБОТА С НИМИ

В большинстве устройств, описанных в этой книге, используются интегральные микросхемы. Радиолюбители даже с небольшим опытом конструирования аппаратуры скорее всего уже имели дело с микросхемами. Но и начинающие радиолюбители смогут повторить устройства, описанные в этой книге. Сведения о микросхемах и рекомендации по их применению, изложенные ниже, помогут им в этом.

Интегральной микросхемой называют миниатюрное электронное устройство, выполняющее определенные функции преобразования и обработки сигналов и содержащее большое число активных и пассивных элементов (от нескольких сотен до нескольких десятков тысяч) в сравнительно небольшом корпусе.

Все микросхемы подразделяют на две группы - аналоговые и цифровые. *Аналоговые* микросхемы предназначены для работы с непрерывными во времени сигналами. К их числу можно отнести усилители радио-, звуковой и промежуточной частот, операционные усилители, стабилизаторы напряжения и др. Для аналоговых микросхем характерно то, что входная и выходная электрические величины могут иметь любые значения в заданном диапазоне. В цифровых же микросхемах входные и выходные сигналы могут иметь один из двух уровней напряжения: высокий или низкий. В первом случае говорят, что мы имеем дело с высоким логическим уровнем, или логической 1, а во втором - с низким логическим уровнем, или логическим 0. Для микросхем транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ) серий К133, К155, К555, широко используемых радиолюбителями, в технических условиях указывают напряжение высокого логического уровня не менее 2,4 В, а низкого - не более 0,4 В. Фактически эти напряжения составляют обычно 3,2...3,5 и 0,1...0,2 В.

В своих разработках радиолюбители наряду с микросхемами ТТЛ широко используют микросхемы на полевых транзисторах, из которых наибольшее распространение получили серии микросхем КМОП (комплементарные полевые транзисторы со структурой металл-окисел-полупроводник). К ним относятся, например, микросхемы серий К164, К176, К561, К564. Для таких микросхем напряжения, соответствующие высокому и низкому логическим

уровням, составляют соответственно 8,6...8,8 и 0,02...0,05 В (при напряжении питания 9 В).

Таким образом, в микросхемах ТТЛ и КМОП высокий и низкий уровни напряжений сильно отличаются друг от друга, что упрощает совместную работу микросхем с транзисторами, тиристорами и другими приборами.

Почему же уровни напряжений называют логическими?

Дело в том, что цифровые микросхемы предназначены для выполнения определенных логических действий над входными сигналами. Например, на выходе цифровой микросхемы должно появиться напряжение высокого уровня в том случае, если напряжение высокого уровня присутствует хотя бы на одном из входов, т.е. данная микросхема выполняет логическую операцию ИЛИ (логическое сложение). Если же логический сигнал на выходе микросхемы должен быть равен произведению логических сигналов на входах микросхемы, то это операция логического умножения. Существует множество других правил обработки сигналов в цифровых микросхемах. Специальная область математики - булева алгебра (по имени английского математика Дж. Буля) - исследует эти законы. Вот почему цифровые микросхемы называют еще и логическими.

В основу работы цифровых микросхем положена двоичная система счисления. В этой системе используются две цифры: 0 и 1. Цифра 0 соответствует отсутствию напряжения на выходе логического устройства, 1 - наличию напряжения. С помощью нулей и единиц двоичной системы можно записать (закодировать) любое десятичное число. Так, для записи одноразрядного десятичного числа требуются четыре двоичных разряда. Сказанное поясняется табл. 1.

Таблица 1

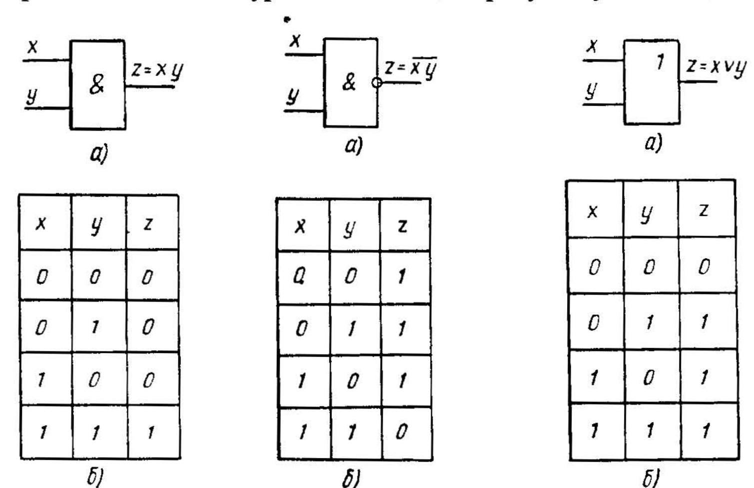
Десятичное число	IV разряд (2^3)	III разряд (2^2)	II разряд (2^1)	I разряд (2^0)
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1

В первом столбце таблицы (ее называют таблицей истинности) записаны десятичные числа от 0 до 9, а в последующих четырех столбцах - разряды двоичного числа Видно, что число в последующей строке получается в результате прибавления 1 к первому разряду двоичного числа С помощью четырех разрядов можно записать числа от 0000 до 1111, что соответствует диапазону чисел от 0 до 15 в десятичной системе. Таким образом, если двоичное число содержит N разрядов, то с его помощью можно записать максимальное десятичное число, равное 2^{N-1}. По таблице также несложно заметить, как можно перевести число из двоичной системы в десятичную. Для этого достаточно сложить степени числа 2, соответствующие тем разрядам, в которых записаны логические 1. Так, двоичное число 1001 соответствует десятичному числу 9 ($2^3 + 2^0$).

Двоичную систему счисления используют в большинстве современных цифровых вычислительных машин.

Рассмотрим свойства и работу некоторых простейших логических элементов, широко используемых радиолюбителями в конструируемых устройствах и приборах.

Логический элемент И (рис 1,а) имеет два входа и один выход. В верхней части прямоугольника стоит знак & (амперсент), который обозначает операцию объединения, перемножения. Это значит, что напряжение высокого уровня на выходе присутствует в том, и только



x	y	z
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

x	y	z
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

x	y	z
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Рис. 1. Логический элемент И:
а - условное обозначение, ***б*** - таблица истинности

Рис. 2. Логический элемент 2И-НЕ:
а - условное обозначение, ***б*** - таблица истинности

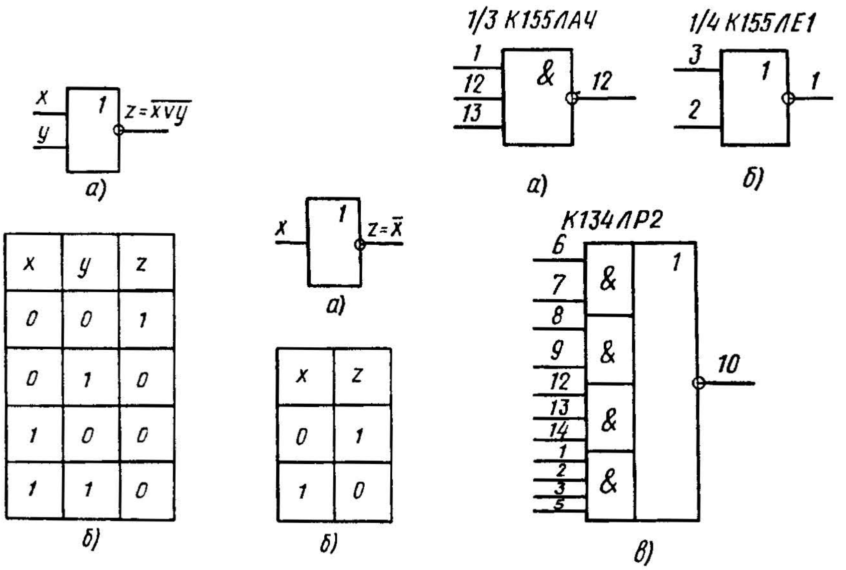
Рис. 3. Логический элемент ИЛИ:
а – условное обозначение (знак ∨ обозначает операцию ИЛИ), ***б*** – таблица истинности

в том случае, если на обоих входах также напряжения высокого уровня. Это поясняется таблицей истинности, приведенной на рис. 1,б. Логический элемент 2И-НЕ отличается от элемента И только инвертированием выходного сигнала (рис. 2).

Логический элемент ИЛИ (рис. 3,а) имеет два входа и один выход. Если хотя бы на одном из входов есть напряжение высокого уровня, то такое же напряжение будет на выходе (рис. 3,б). Работа элемента 2ИЛИ-НЕ отличается только инвертированием выходного сигнала (рис. 4).

Логический элемент НЕ (рис. 5,а) имеет один вход и один выход. Если на вход подать напряжение высокого уровня, то на выходе установится напряжение низкого уровня, и наоборот, т. е. говорят, что входной сигнал инвертируется элементом (рис. 5,б).

Эти три разновидности логических элементов позволяют реализовывать любую сколь угодно сложную логическую функцию. Однако для облегчения работы конструктора разработано и выпускается множество других логических элементов [3И-НЕ, 2ИЛИ-НЕ, 2-2-3-4И-4ИЛИ-НЕ (рис. 6) и др.], реализованных в отдельных корпусах микросхем.



x	y	z
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

x	z
0	1
1	0

Рис. 4. Логический элемент 2ИЛИ-НЕ:
а – условное обозначение; *б* – таблица истинности

Рис. 5. Логический элемент НЕ:
а – условное обозначение (символ $\bar{x}$ обозначает отрицание x), *б* – таблица истинности

Рис. 6. Некоторые логические элементы, выпускаемые промышленностью:
а – 3И-НЕ; *б* – 2ИЛИ-НЕ, *в* – 2-2-3-4И-4ИЛИ-НЕ

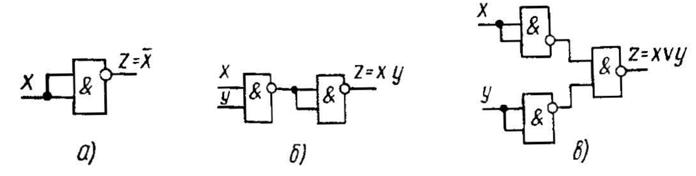


Рис. 7. Использование логического элемента 2И-НЕ в качестве инвертора (а) для выполнения операций 2И (б) и 2ИЛИ (в)

Одним из наиболее широко применяемых радиолюбителями в своих конструкциях является логический элемент 2И-НЕ (см. рис. 2). Если подавать входной сигнал на соединенные вместе входы, то он будет работать как инвертор (рис. 7,а). С помощью двух логических элементов 2И-НЕ можно производить операцию логического умножения (рис. 7,б), с помощью трех логических элементов - операцию логического сложения (операцию ИЛИ, рис. 7,в). Таким образом, с помощью элемента 2И-НЕ можно реализовать любую логическую операцию.

Одной из наиболее популярных у радиолюбителей серий микросхем является серия К155. В настоящее время она насчитывает более 100 наименований.

Микросхемы серии К155 питаются от источника постоянного напряжения 5В±5%, потребляя ток (на один корпус) в зависимости от назначения от 10 до 100 мА. Как было отмечено, напряжение высокого уровня фактически составляет около 3,5 В, а низкого - около 0,1 В. Для того чтобы подать на вход логического элемента напряжение низкого уровня, достаточно этот вход соединить с общим проводом питания. Для подачи напряжения высокого уровня достаточно оставить этот вход свободным, однако, чтобы уменьшить влияние помех, желательно этот вход подключить к напряжению +5 В через резистор сопротивлением 1 ..1,5 кОм. К одному резистору можно подключать до 10 входов микросхем. Напряжение на входах логических элементов можно измерять обычным авометром на пределе измерения постоянного напряжения, но лучше использовать специальный пробник.

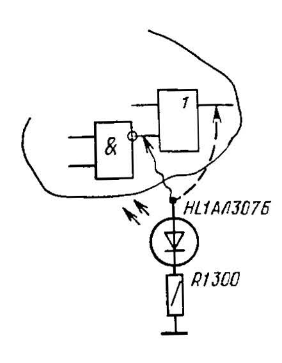


Рис. 8. Простейший логический пробник

Простейший пробник состоит из светодиода и резистора (рис. 8). Если при подключении к выходу логического элемента светодиод светится, то на этом выходе напряжение высокого уровня, если же светодиод не светится, то на входе пробника напряжение низкого уровня.

На рис. 9.а представлена схема логического пробника, который индицирует уровни логического 0 и логической 1 зажиганием одного из двух светодиодов.

При отсутствии входного сигнала на выходе логического элемента DD1.1 действует напряжение низкого уровня, а на выходе логического элемента DD1.2 - высокого уровня. Светодиоды HL1 и HL2 не светятся. При подаче на вход напряжения низкого уровня (0...0.4 В) состояние логического элемента DD1.2 не изменяется, а на выходе DD1.1 появляется напряжение высокого уровня (поскольку на входы DD1.1 через открытый диод VD1 подано напряжение низкого уровня). Загорается светодиод HL1, индицируя уровень логического 0. Если же на вход подано напряжение высокого уровня, то через открывшийся диод VD2 это напряжение подается на входы логического элемента DD1.2; на выходе DD1.2 появляется напряжение низкого уровня и загорается светодиод HL2, показывая уровень логической 1. Состояние же элемента DD1.1 при этом не изменяется, светодиод HL1 не горит.

На рис. 9,б представлена схема другого логического пробника, аналогичного по принципу работы предыдущему. Отличие состоит в том, что информация о логических уровнях напряжения выводится на светодиодный семисегментный цифровой индикатор. Для управления сегментами в пробник добавлены логические элементы DD1.3, DD1.4 и диоды VD3, VD4. Сегменты, имеющие выводы 10, 13, индицируют логическую 1, а все шесть сегментов - логический 0. Сегмент, имеющий вывод 6, - знак запятой (индикация включения пробника). Логические элементы DD1.3 и DD1.4 включены параллельно для получения суммарного выходного тока, обеспечивающего нормальную работу одновременно шести сегментов.

Для предотвращения подачи на пробники напряжения обратной полярности в их плюсовые шины включены диоды (VD3 на рис. 9, а и VD5 на рис. 9,б),

Микросхему К155ЛА3 можно заменить на К133ЛА3, К158ЛА3, К155ЛА1, К155ЛА4, К555ЛА3. Вместо К155ЛА8 можно применить К133ЛА8, К155ЛА3, но в последнем случае номинал резисторов R3-R8 необходимо увеличить до 820 0м. Светодиодный индикатор АЛС324Б можно заменить на АЛ133, АЛС312 с любым буквенным индексом, а также на АЛ305А, АЛС321Б, АЛС337Б, АЛС338Б, АЛС324Б. Диоды могут быть любыми из серий Д7, Д9, Д311.

Пробник со светодиодным индикатором собран в корпусе от вышедшей из строя электрозажигалки или другом.

Такие пробники пригодны для работы с микросхемами, рассчитанными на питание от источника напряжением +5 В (серии К155, КР531, К555, К133, К134). Для работ с микросхемами КМОП (серии

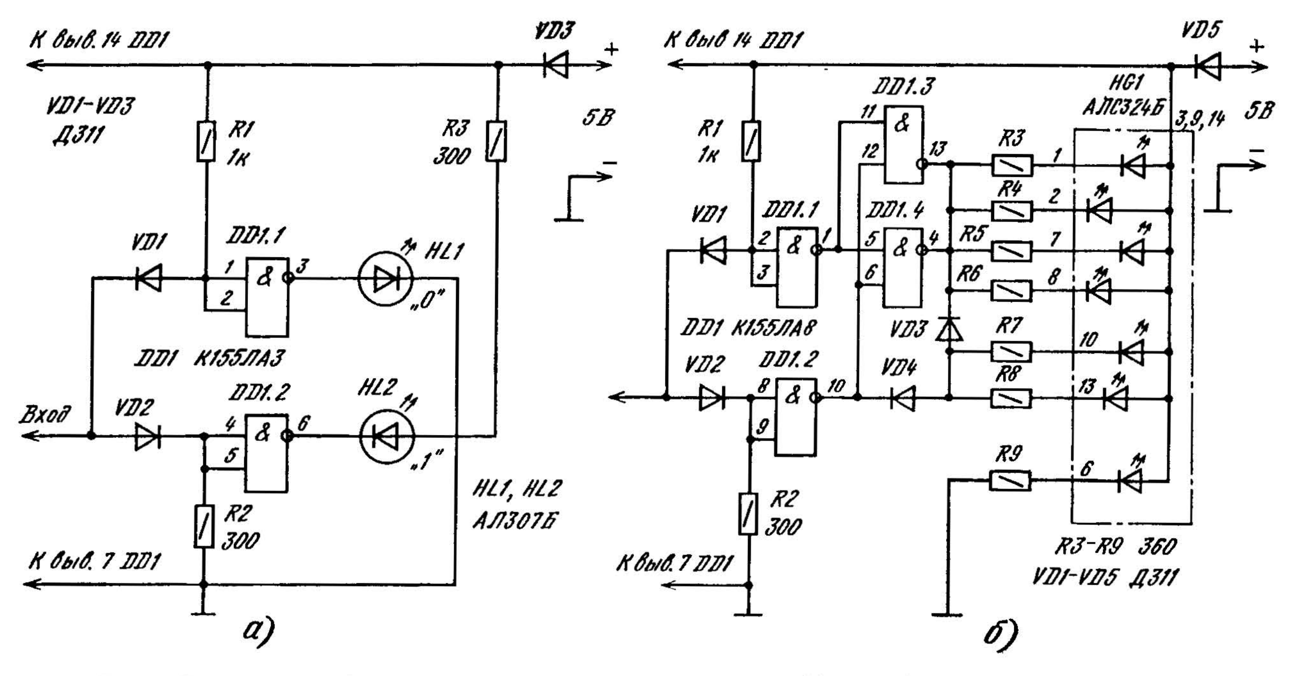


Рис. 9. Логические пробники с индикатором из двух светодиодов (*а*) и с цифровым индикатором (*б*)

K164, K176, K561) пробник может быть собран по аналогичной схеме на микросхемах КМОП, но для управления сегментами цифрового индикатора придется применить транзисторные ключи.

Теперь несколько слов о более сложных микросхемах, с которыми читатель встретится в книге.

Во многих рассматриваемых конструкциях используют триггеры (электронное устройство с двумя устойчивыми состояниями, причем переход из одного состояния в другое происходит под действием внешнего сигнала). При отсутствии сигнала триггер может находиться в одном из двух состояний неограниченно долго (т. е. обладает "памятью"). Поэтому триггеры широко используют в электронно-вычислительных машинах для хранения информации. В зависимости от выполняемых функций и назначения триггеры классифицируют по типам. Мы рассмотрим только два из них: RS- и D-триггеры.

Условное обозначение RS-триггеры представлено на рис. 10,а. Он имеет по два входа и выхода. Выходы обозначены буквами Q (прямой) и $\bar{Q}$ (инверсный). Логические уровни на этих двух выходах противоположны. Это сделано для удобства соединения триггеров с другими логическими элементами устройств. Некоторые типы триггеров инверсного выхода не имеют. Вход S предназначен для установки триггера в единичное состояние (напряжение высокого уровня на выходе Q); вход R – для установки в нулевое состояние (напряжение низкого уровня на выходе Q). Поскольку среди микросхем серии K155 RS-триггер отсутствует, его собирают из двух логических элементов 2И-НЕ, входящих в состав микросхемы K155ЛА3 (рис. 10,б). Установка триггера в нужное состояние осуществляется подачей напряжения низкого уровня на один из входов (на другом входе в это время должно быть напряжение высокого уровня). Подача на оба входа напряжения низкого уровня недопустима.

На рис. 10,в представлено условное обозначение D-триггера (нумерация выводов приведена для микросхемы K155TM2, содержа-

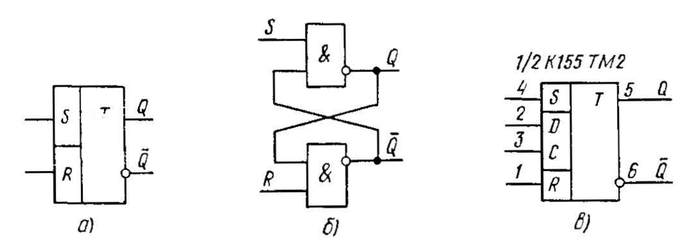


Рис. 10. Триггеры:

а – условное обозначение RS-триггера, *б* – RS-триггер на двух логических элементах 2И-НЕ; *в* – условное обозначение D-триггера

щей два таких триггера). По сравнению с RS-триггером здесь имеются два новых вывода: D и C. Вход D называют информационным, а C - входом синхронизации. После подачи импульса на вход C на прямом выходе Q триггера установится тот логический уровень, который был до прихода синхроимпульса на входе D. Входы R и S выполняют те же функции, что и в рассмотренном выше RS-триггере.

Рассмотренный D-триггер несложно преобразовать в счетный триггер, т. е. такой, состояние которого изменяется после поступления очередного импульса на счетный вход. Для обеспечения счетного режима необходимо вход D соединить с инверсным выходом триггера (рис. 11,а). Из логики работы D-триггера следует, что после прихода импульса на вход C состояние триггера будет изменяться на противоположное. Это иллюстрируется временны́ми диаграммами, или эпюрами напряжений (рис. 11,б). Подобно таблице истинности, эпюры напряжений дают наглядное представление о работе устройства, к ним мы будем обращаться и в дальнейшем. Необходимо отметить, что изменение состояния D-триггера данного типа происходит при изменении напряжения на счетном входе с низкого уровня на высокий. Такое изменение напряжения часто называют положительным перепадом напряжения или фронтом импульса. Реакцию триггера на положительный перепад напряжения отображают косой чертой, пересекающей линию входа C (см. рис. 11,а). Аналогично изменение напряжения с высокого уровня на низкий называют отрицательным перепадом напряжения, спадом или срезом импульса. На схемах это отображают также косой чертой, но повернутой на 90° относительно показанной на рисунке. В зависимости от своей внутренней структуры триггер реагирует или на положительный, или на отрицательный перепад напряжения.

Несколько триггеров, объединенных в одной микросхеме и соединенных между собой, образуют счетчик. На рис. 12 показана

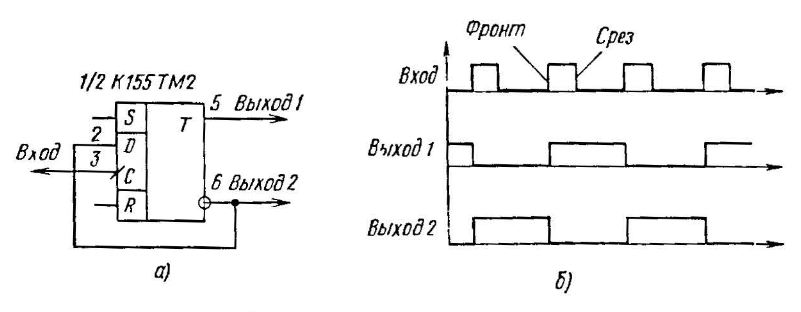


Рис. 11. Работа D-триггера в счетном режиме:
а - соединение выводов, *б* - временны́е диаграммы

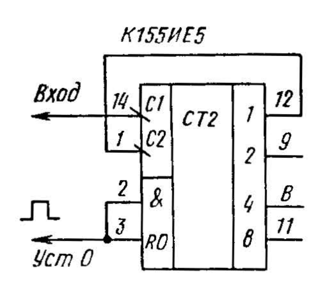


Рис. 12. Двоичный четырехразрядный счетчик К155ИЕ5

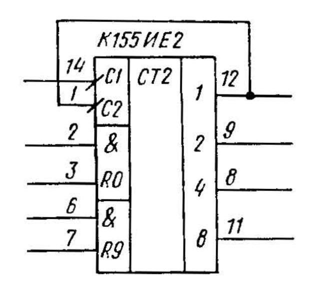


Рис. 13. Двоично-десятичный счетчик К155ИЕ2

микросхема К155ИЕ5, содержащая в своем составе четыре счетных триггера. Входом первого триггера является вывод 14, а выходом - вывод 12. Три остальных триггера соединены последовательно, входом первого триггера является вывод 1, а выходами этих триггеров - выводы 9, 8, 11. Для обеспечения последовательной работы всех четырех триггеров следует соединить выводы 1 и 12. Триггеры переключаются спадом импульса (в отличие от микросхемы К155ТМ2). Установку всех триггеров в нулевое состояние осуществляют кратковременной подачей напряжения высокого уровня на оба входа &RO. Частота импульсов на выходах 1, 2, 4, 8 соответственно в 2, 4, 8, 16 раз меньше частоты входного сигнала. Таким образом, период работы счетчика равен 16 входным импульсам.

Микросхема К155ИЕ2 (рис. 13) также содержит четыре счетных триггера, однако благодаря использованию внутренних обратных связей коэффициент пересчета равен 10. С помощью входов &R0 микросхему устанавливают в состояние, при котором на всех выходах напряжение низкого уровня; с помощью входов &R9 микросхему устанавливают в состояние, соответствующее числу 9 в двоичном коде (напряжение высокого уровня на выходах 1 и 8). Триггеры счетчика переключаются срезом импульса.

Чтобы преобразовать двоичный код, в котором представлены выходные сигналы микросхемы К155ИЕ5, в так называемый позиционный код, используются дешифраторы. На рис. 14 представлен интегральный дешифратор К155ИД3, осуществляющий такое преобразование. Входы W0 и W1 являются разрешающими. При наличии на них напряжения низкого уровня на одном из выходов дешифратора 0-15 также имеется напряжение низкого уровня, причем номер этого выхода является эквивалентом двоичного числа, поданного на входы 1, 2, 4, 8. Так, при подаче кодовой комбинации входных сигналов 0110 в активном состоянии будет выход 6

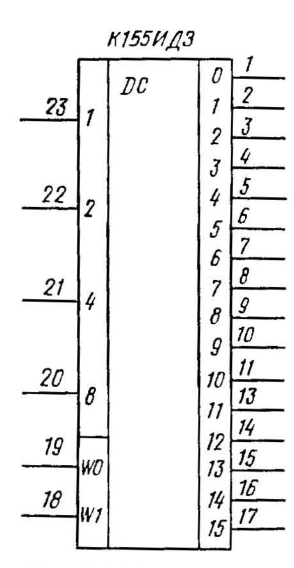


Рис. 14. Интегральный дешифратор К155ИД3

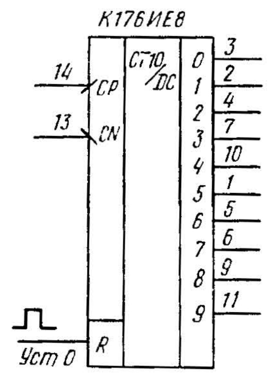


Рис. 15. Счетчик, совмещенный с дешифратором К176ИЕ8

(вывод 7). При этом на всех остальных выходах будет напряжение высокого уровня. Если же на входы W0, W1 подать напряжение высокого уровня, то такое же напряжение будет на всех выходах дешифратора. Поэтому входы W0, W1 называют разрешающими или стробирующими.

Существуют микросхемы, содержащие в одном корпусе счетчик и дешифратор. Примером является микросхема КМОП К176ИЕ8 (рис. 15). Вход R служит для установки триггеров в исходное состояние, при котором на выходах 1-9 имеется напряжение низкого уровня, а на выходе 0 - напряжение высокого уровня. Входные импульсы можно подавать на один из входов CP или CN. При подаче же импульсов на вход CP изменение состояния счетчика происходит по фронту импульсов (при этом на входе CN должно быть напряжение низкого уровня). При подаче же импульсов на вход CN изменение состояния происходит по срезам импульсов (при этом на втором входе CP должно быть напряжение высокого уровня). На активном выходе, номер которого соответствует числу импульсов, поступивших после установки в исходное состояние, имеется напряжение высокого уровня (в отличие от напряжения низкого уровня в К155ИД3).

Особенности работы счетчиков, дешифраторов и микросхем другого функционального назначения будут рассмотрены в каждом конкретном случае отдельно.

Из многих важных параметров микросхем обратим внимание на три из них - входной и выходной токи логического элемента и его максимальное выходное напряжение. Входной ток - это ток, который протекает через входную цепь при соединении входа логического элемента с общим проводом или с проводом питания. В первом

случае ток называют вытекающим, и для большинства микросхем серии К155 он составляет 1,6 мА. Во втором случае говорят о втекающем токе, который составляет примерно 40 мкА. Из сказанного следует, что если между входом логического элемента и общим проводом включен резистор, то для обеспечения на входе напряжения низкого уровня (которое для серии К155 не должно превышать 0,4 В) его сопротивление не может быть больше 0,4В:0,0016А, т. е. 250 Ом. Увеличение сопротивления этого резистора сверх указанного значения приведет к установлению на входе потенциала, соответствующего порогу переключения элемента. Такое состояние является неустойчивым. Поэтому увеличивать сопротивление этого резистора не рекомендуется. Для подачи на вход напряжения высокого уровня достаточно оставить этот вход свободным, однако с целью повышения помехоустойчивости целесообразно соединить его с проводом питания через резистор сопротивлением 1...2 кОм. Необходимо заметить, что величина входного вытекающего тока накладывает ограничение и на сопротивление времязадающих резисторов генераторов, выполненных на элементах этой микросхемы, которое не должно превышать 1 кОм. Для микросхем серии К555 входной вытекающий ток в 3-4 раза меньше, поэтому сопротивления резисторов могут быть в 3-4 раза больше. Для микросхем КМОП (К176, К561) входной вытекающий ток составляет примерно 0,2 мкА, исходя из этого следует рассчитывать и сопротивления резисторов.

Выходной ток логического элемента также может быть втекающим и вытекающим. Первый имеет место в случае подключения нагрузки между выходом и шиной питания, причем на выходе имеется напряжение низкого уровня. Значение этого тока для большинства элементов ТТЛ, у которых выходной каскад имеет внутреннюю нагрузку, составляет 16 мА. Для элементов с открытым коллектором значение этого тока значительно выше - так, для элементов микросхемы К155ЛЛ2 допускается выходной ток 300 мА. Вытекающий ток логического элемента - это ток в цепи нагрузки, включенной между выходом и общим проводом, причем на выходе имеется напряжение высокого уровня. Значение этого тока для большинства микросхем ТТЛ составляет 0,2...0,4 мА. Для увеличения выходного тока можно соединять параллельно несколько однотипных логических элементов, при этом объединяют входы и выходы элементов (см. схему логического пробника, рис. 9,б).

Максимальное выходное напряжение - это напряжение, которое может быть приложено к выходу логического элемента без повреждения последнего. Для большинства логических элементов ТТЛ оно не превышает напряжения питания, но для некоторых элементов с открытым коллекторным выходом оно значительно больше: 12 В

для К155ЛА11, 15 В для К155ЛН5, 30 В для К155ЛА18, К155ЛИ5, К155ЛЛ2, К155ЛН3, К155ЛП9.

Высокое допустимое выходное напряжение в сочетании с большим выходным током позволяет непосредственно подключать к выходам микросхем электромагнитные реле, элементы индикации.

Несколько советов по монтажу интегральных микросхем.

1. Во время пайки нельзя перегревать корпус микросхемы. Для этого следует использовать припой с температурой плавления не более 260°С, мощность паяльника не должна превышать 40 Вт, длительность пайки одного вывода - не более 5 с, а промежуток времени между пайками выводов одной микросхемы должен быть не менее полминуты. Если ведется монтаж нескольких микросхем, то сначала паяют первый вывод первой микросхемы, затем первый вывод второй и т. д., затем второй вывод первой микросхемы, второй вывод второй и т. д. Благодаря такому приему микросхемы успевают остывать в промежуток между пайками.

Микросхемы КМОП могут быть выведены из строя разрядом статического электричества, основным источником которого является человек. Чтобы этого не случилось, жало паяльника и руки радиомонтажника необходимо заземлять.

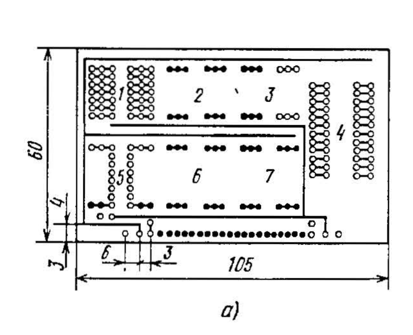
2. Монтаж микросхемы может быть выполнен печатным способом, проводáми или комбинированным способом.

При пайке проводами удобно использовать многожильный провод в тугоплавкой изоляции типа МГТФ 0,07...0,12 мм^2 или одножильный луженый провод 0,25...0,35 мм^2 также в тугоплавкой изоляции. Сначала на вывод микросхемы наматывают 1-1,5 витка провода, а затем производят пайку. Этот способ хорош тем, что позволяет неоднократно производить перепайки проводов, а такая необходимость может возникнуть в процессе наладки устройства.

Печатный монтаж микросхем следует применять тогда, когда есть уверенность, что схема работоспособна, а также при изготовлении нескольких одинаковых устройств на одинаковых платах. Печатные платы могут иметь одно- и двустороннее расположение печатных проводников. Для большинства устройств в книге приведены рисунки печатных плат.

При комбинированном способе монтажа микросхемы припаивают к контактным площадкам, а в другие отверстия контактных площадок впаивают проволочные проводники. На рис. 16 показаны чертежи двух печатных плат для комбинированного монтажа микросхем (платы № 1 и 2, в дальнейшем мы будем на них ссылаться). На платах можно установить микросхемы с 14, 16 и 24 выводами.

Утолщенными линиями обозначены шины для подачи питания на микросхемы. На платах имеются также отверстия для установки



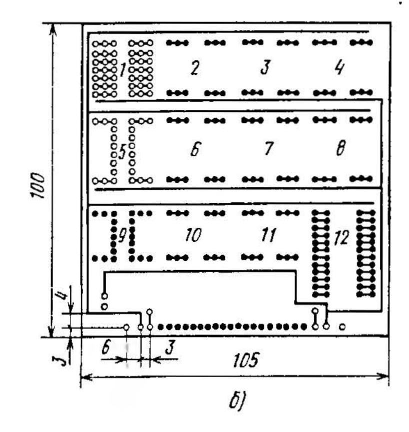


Рис. 16. Универсальные печатные платы для монтажа логических интегральных микросхем:

а – плата № 1 (можно установить 7 корпусов); ***б*** – плата № 2 (можно установить 12 корпусов)

вилки соединителя МРН-22 с целью подключения элементов платы к внешним устройствам. Каждый вывод микросхемы, как видно из рисунка, впаивают в отверстие контактной площадки. В два других отверстия впаивают выводы радиоэлементов или проводники, соединяющие между собой микросхемы.

Целесообразно изготовить три-четыре таких печатных платы и вести на них монтаж различных конструкций.

3. Неиспользуемые выводы микросхем ТТЛ следует объединять в группы по 10 шт. и подключать к плюсовой шине питания через резистор 1...1,5 кОм; неиспользуемые выводы микросхем КМОП можно непосредственно подключать к плюсовой шине.

4. Для улучшения помехозащищенности между шинами питания следует устанавливать конденсаторы типов КМ-6, К10-7, К10-17 емкостью 0,1...0,047 мкФ из расчета один конденсатор на два-три корпуса микросхем. Особое внимание следует уделять обеспечению помехоустойчивости устройств, имеющих в своем составе микросхемы памяти - триггеры, счетчики и т. п.

5. Соединительные провода должны иметь длину не более 20...30 см. Если же требуется передать сигнал на большее расстояние, используют так называемые витые пары. Два провода скручивают вместе, по одному из них подается сигнал, а второй заземляют (соединяют с общим проводом) с обоих концов. Целесообразно также оба конца сигнального провода подключить к плюсовой шине через резисторы 1 кОм (для ТТЛ-микросхем) или 100 кОм (для КМОП-микросхем). Длина проводов витой пары может достигать 1,5...2 м.

О МЕРАХ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ И НАЛАДКЕ УСТРОЙСТВ

Радиолюбителям, занимающимся конструированием различных электронных устройств, постоянно приходится иметь дело с электрическим током. Неосторожное обращение с током в процессе изготовления, наладки и эксплуатации устройств может привести к печальным последствиям, поэтому необходимо тщательно выполнять несложные правила техники безопасности.

Безопасным для человека считается напряжение, не превышающее 36 В. Разумеется, речь идет о нормальных условиях - сухое помещение, чистая и сухая кожа. Поскольку при питании устройств от гальванических элементов и батарей значения напряжений ниже, следует соблюдать безопасность при работе с устройствами, имеющими сетевое питание.

Значение тока, протекающего через тело человека, зависит от его сопротивления. У всех людей это сопротивление различно. Сопротивление снижается, если руки человека влажные, а также если влажная его одежда. Это необходимо учитывать, прежде чем приступить к работе. Не следует также иметь дело с электрическим током в болезненном или утомленном состоянии - реакция человека снижается и вероятность несчастного случая увеличивается.

При попадании человека под напряжение электрический ток обычно протекает от одной руки к другой, а также от руки к ноге. Поэтому не следует одновременно двумя руками прикасаться к элементам устройства, а также держаться рукой за трубу отопления или водопровода; под ноги на рабочем месте желательно подкладывать резиновый коврик, являющийся изолятором.

Жало паяльника следует заземлять - это обеспечит безопасность работы при нарушении изоляции паяльника и появлении на корпусе фазного напряжения (в этом случае сработают предохранители и сеть будет обесточена). Предохранители электросети (плавкие вставки или электромеханические "пробки") должны быть исправными.

Замену элементов налаживаемой конструкции следует производить только в обесточенном состоянии. Если в устройстве имеются высоковольтные конденсаторы, их необходимо разрядить (вообще при проектировании устройства надо предусматривать разрядку таких конденсаторов после отключения напряжения питания). Если необходимо измерить напряжение на элементах, то один щуп вольтметра следует подключить к требуемой точке при обесточен-

ном устройстве (например, с помощью лабораторного зажима типа "крокодил"); после включения устройства в сеть вторым щупом прикасаются к выводу элемента. При этом не следует пользоваться щупом, имеющим неизолированную часть (спицу) значительной длины - в этом случае можно надеть отрезок изоляционной трубки, оставив неизолированный конец длиной 2...3 мм. Измерение лучше выполнять одной рукой.

Некоторые радиолюбители проверяют наличие напряжения на зажимах с помощью языка. Так делать ни в коем случае нельзя, даже если известно, что напряжение не превышает 5...7 В. Говорят, что незаряженное ружье один раз в год стреляет; также и на этих зажимах может оказаться значительное напряжение.

В последнее время радиолюбители собирают приборы на транзисторах и микросхемах, питание которых осуществляется безопасным напряжением. Как правило, такие устройства питаются от сети через понижающий трансформатор. В этом случае опасное напряжение имеется на выводах первичной обмотки трансформатора, выключателя питания и патроне предохранителя (применение их обязательно). Монтаж этой части прибора, связанной с сетью, следует выполнять особенно тщательно, все соединения нужно изолировать поливинилхлоридной трубкой, лакотканью или изоляционной лентой.

Если устройство не содержит трансформатор, то все элементы имеют гальваническую связь с сетью. При настройке и эксплуатации такого устройства следует соблюдать особую осторожность. В процессе налаживания устройства желательно питать его через разделительный трансформатор, у которого первичная и вторичная обмотки рассчитаны на напряжение сети. Плату и элементы устройства необходимо тщательно изолировать от корпуса, а сам корпус лучше выполнять из непроводящего материала. Изнутри корпус желательно выложить асбестовыми пластинами. Ручки переменных резисторов, колпачки переключателей, другие элементы управления следует выполнять из изоляционного материала.

Прежде чем включать прибор в сеть, подключите омметр к выводам сетевой вилки и убедитесь в отсутствии короткого замыкания.

При работе начинающего радиолюбителя с электронными устройствами желательно, чтобы в этом помещении находился второй человек, который в случае необходимости может отключить напряжение и оказать помощь.

Таковы основные правила техники безопасности при работе с электроустановками, которых необходимо придерживаться каждому радиолюбителю.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ИГРЫ

Электронный кубик

Всем знакомы игры, в которых перед началом хода требуется бросать небольшой пластмассовый кубик, на шести гранях которого нанесено от одной до шести точек (очков). Бросая по очереди кубик, играющие суммируют очки: кто больше набрал, тот и выиграл.

Можно изготовить электронное устройство, заменяющее такой кубик. На передней панели устройства должны быть шесть светодиодов, кнопка и тумблер включения. Стоит нажать кнопку - и количество светящихся светодиодов покажет число набранных в очередном туре очков.

Принципиальная схема электронного кубика представлена на рис. 17,а. На трех логических элементах 2И-НЕ микросхемы DD1 собран генератор, а на шести D-триггерах (микросхемы DD2-DD4) - кольцевой счетчик.

Как работает генератор? Он представляет собой трехкаскадный усилитель, охваченный положительной обратной связью через конденсатор C1 и отрицательной - через резистор R1. При наличии таких связей в усилителе возникают автоколебания, частота которых определяется произведением R1C1. При этом контакты кнопки SB1 должны быть разомкнуты. Запомните эту схему - в дальнейшем она будет использоваться во многих устройствах.

Рассмотрим работу счетчика. Как видно из схемы, все синхронизирующие входы D-триггеров соединены между собой, а вход D последующего триггера соединен с прямым выходом предыдущего D-триггера. Вход же D первого триггера (DD2.1) соединен с инверсным выходом последнего триггера (DD4.2). Работу цепи триггеров (ее еще называют кольцевым триггерным счетчиком) удобно проанализировать по таблице истинности (табл. 2). Выходы Q1-Q6 - это прямые выходы триггеров. Допустим, в исходный момент все триггеры находятся в нулевом состоянии. Тогда на входе D первого триггера - напряжение высокого уровня, поступающее с инверсного выхода шестого триггера. После поступления первого импульса триггер DD2.1 переключается в единичное состояние, и с его прямого выхода напряжение высокого уровня поступает на вход D триггера DD2.2. Поэтому после поступления импульса № 2 второй триггер переключается в единичное состояние. По мере поступления на входы C шести импульсов все триггеры

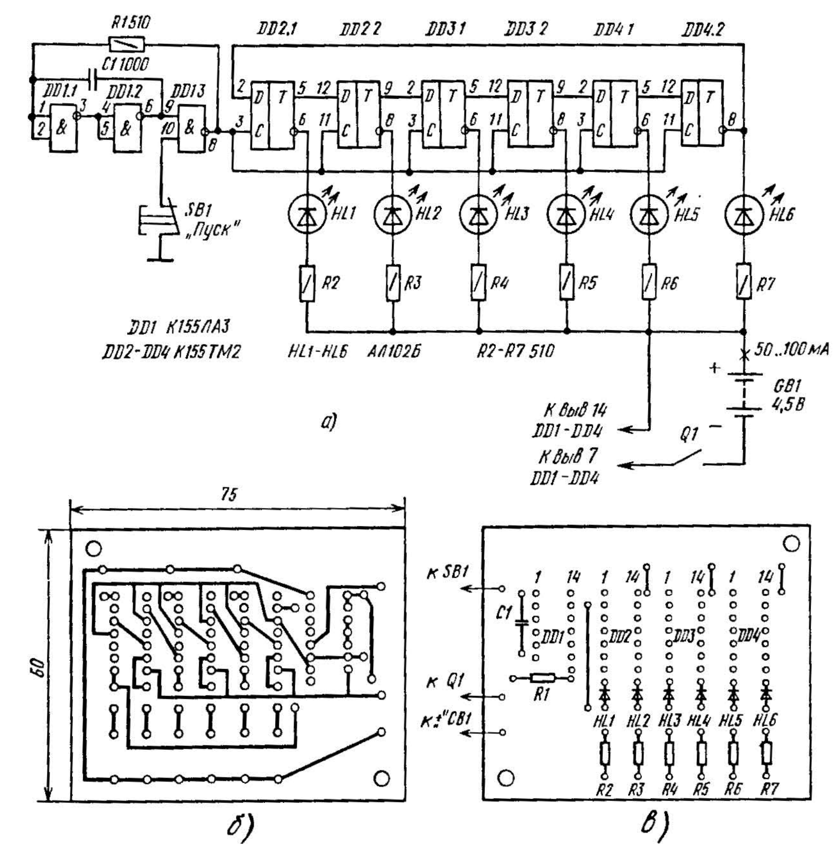


Рис. 17. Электронный кубик:

а - принципиальная схема; *б* - расположение печатных проводников; *в* - расположение деталей на плате

переключаются в единичное состояние. При этом светятся все светодиоды, подключенные к инверсным выходам триггеров. На вход D первого триггера теперь подано напряжение низкого уровня, и при подаче последующих шести импульсов триггеры последовательно переключаются в нулевое состояние. Из табл. 2 видно, что период работы кольцевого счетчика равен 12 тактам.

При нажатии кнопки SB1 "Пуск" импульсы частотой 1...2 МГц с генератора поступают на вход кольцевого счетчика. Последний за время удержания кнопки (1...2 с) многократно переполняется, поэтому после отпускания кнопки состояния триггеров DD2.1-DD4.2, отображаемые горящими светодиодами HL1-HL6, практически случайны. Сколько светодиодов зажглось, столько очков и записывают в актив игроку.

Таблица 2

Номер импульса	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0
2	1	1	0	0	0	0
3	1	1	1	0	0	0
4	1	1	1	1	0	0
5	1	1	1	1	1	0
6	1	1	1	1	1	1
7	0	1	1	1	1	1
8	0	0	1	1	1	1
9	0	0	0	1	1	1
10	0	0	0	0	1	1
11	0	0	0	0	0	1
12	0	0	0	0	0	0

Питаются микросхемы от батареи GB1, потребляя ток 50...100 мА.

Все элементы устройства, кроме SB1, Q1 и GB1, расположены на печатной плате (рис. 17, б,в). Выключатель питания Q1 (он может быть типов П2Т, МТ1, П2К) и кнопка SB1 (она может быть типов КМ1, МП1 или любого другого типа) расположены на верхней крышке. Здесь же просверлены отверстия для светодиодов HL1-HL6. Плата с деталями крепится с помощью винтов с ограничивающими втулками. Батарея GB1 может быть типа 3336 "Рубин"; светодиоды HL1-HL6 - типов АЛ102, АЛ307 АЛ310 с любыми буквенными индексами; конденсатор С1 - типов КЛС, КМ-5, К10-7в, К10-23; резисторы - типа МЛТ-0,25.

Электронный кубик в налаживании не нуждается.

Начинающие радиолюбители могут "увидеть", как переключаются триггеры при поступлении импульсов генератора. Для этого параллельно конденсатору С1 необходимо подключить оксидный конденсатор емкостью 200...500 мкФ на напряжение 6...10 В отрицательной обкладкой к выводам 1, 2 логического элемента DD1.1. При этом частота генератора уменьшится до 0,5...2 Гц, и по зажиганию соответствующих светодиодов можно проследить последовательность переключения триггеров. Разумеется, кнопка SB1 должна быть постоянно нажата.

"Кто выше?"

Когда собираются гости, перед хозяином встает задача - чем их занять? Ниже описано несложное устройство, которое позволяет

хорошо размяться и в какой-то степени оценить свои физические способности.

Устройство даёт возможность определить лучшего прыгуна. За отметку высоты принимают, например, ветки деревьев. Подпрыгнул, коснулся ветки - значит, преодолел нужную высоту. С помощью предлагаемого прибора можно более объективно оценивать лидера и устраивать такие состязания не только там, где есть деревья, но и в любом другом месте.

Датчиком высоты служит плата из фольгированного стеклотекстолита, на которой расположены восемь изолированных друг от друга медных площадок (рис. 18). Плату располагают на определенной высоте. Прикосновение пальцев руки к площадкам вызывает срабатывание соответствующих реле, которые фиксируют достигнутую высоту.

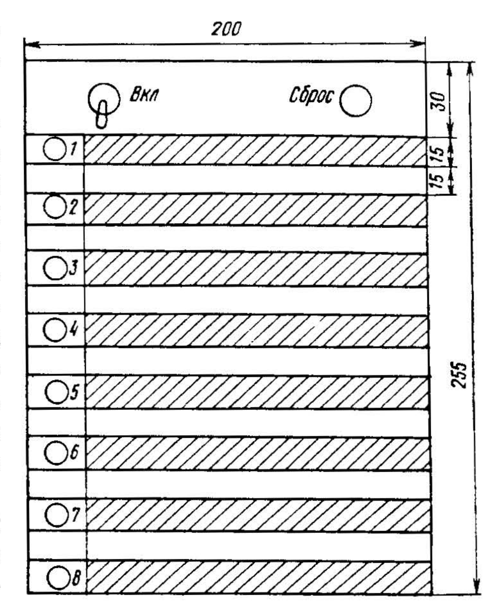


Рис. 18. Расположение сенсорных контактов устройства «Кто выше?»

Принципиальная схема прибора показана на рис. 19. Он состоит из восьми одинаковых блоков А1-А8. Каждый блок представляет собой емкостное реле, т. е. устройство, срабатывающее при прикосновении человека к сенсорному контакту (на схеме контакты обозначены Е1-Е8). Каждый блок выполнен на двух транзисторах и тринисторе и представляет собой усилитель. Поскольку тело человека обладает определенной емкостью, оно имеет некоторый электрический заряд, а следовательно, и разность потенциалов между любыми двумя точками тела. Поэтому при прикосновении руки к сенсорному контакту, допустим, блока А1, на базе транзистора VT1 относительно общего провода появляется напряжение. Транзисторы VT1, VT2 открываются и через управляющий электрод тринистора VS1 начинает протекать ток. Это вызывает открывание тринистора и срабатывание электромагнитного реле К1. Своими контактами К1.1 реле включает лампу HL1 и снимает питание с блоков А2-А8. Если теперь дотронуться до контактов Е2-Е8, то соответствующие реле не сработают. Таким образом, лампа HL1 зафиксирует наибольшую высоту.

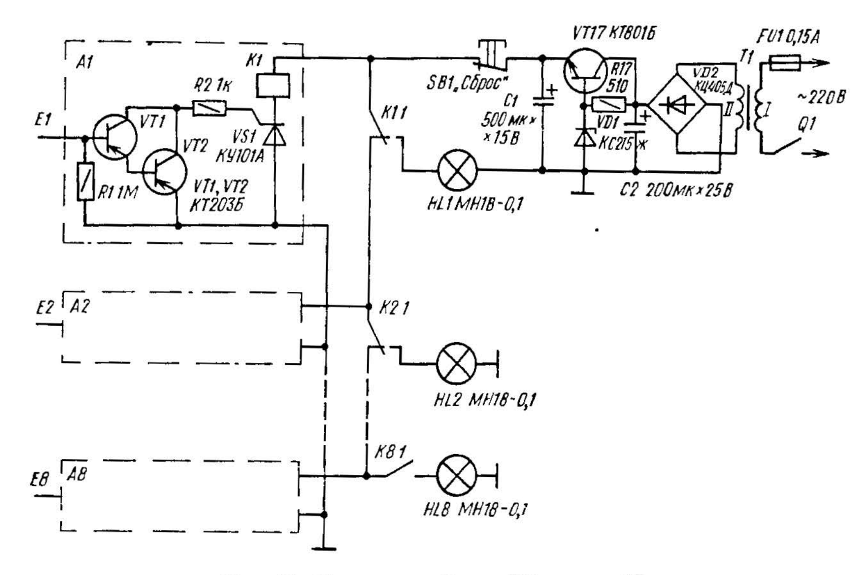


Рис. 19. Схема устройства "Кто выше?"

А если подпрыгнуть и провести пальцами снизу вверх по сенсорам? Тогда первым сработает реле К8, зажжется лампа HL8. Затем сработает реле К7, зажжется лампа HL7, а реле Е8 отпустит и лампа HL8 погаснет. Затем сработает реле К6, обесточив все предыдущие реле, и т. д. Таким образом, и в этом случае будет гореть только одна лампа. соответствующая наибольшей достигнутой высоте.

Чтобы возвратить устройство в исходное состояние, необходимо кратковременно нажать кнопку SB1 "Сброс".

Устройство питается от стабилизированного выпрямителя (стабилитрон VD1 и транзистор VT17).

Транзисторы КТ203Б можно заменить на КТ361, КТ502, КТ3107 с любыми буквами; КТ801Б - на КТ815, КТ807 с любыми буквами. Тринисторы - любые из серии КУ101. Мостовой выпрямитель VD2 - типов КЦ402, КЦ405 с любыми буквами или четыре диода Д226, Д310. Реле К1-К8 - типа РЭС-15 (паспорт РС4.591.004) или РЭС-10 (паспорт РС4.524.302). Трансформатор Т1 - типа ТВК-70, ТВК-110Л-1 или любой другой, имеющий вторичную обмотку на напряжение 12...15 В и ток не менее 200 мА.

Устройство собрано в корпусе размерами 255×200×80 мм. Передняя стенка корпуса представляет собой плату с сенсорными контактами (см. рис. 18) Излишки фольги удалены с помощью ножа. В верхней части передней стенки установлены выключатель питания

Q1 и кнопка SB1 "Сброс", а слева - лампы HL1-HL8. В этом же корпусе находится и печатная плата, на которой смонтированы элементы устройства. Сенсорные контакты должны соединяться с печатной платой возможно более короткими проводами (10...20 см).

Устройство, собранное из исправных деталей и без ошибок, в налаживании не нуждается. При пользовании прибором необходимо лишь подбирать такую полярность подключения первичной обмотки трансформатора T1 к сети, при которой обеспечивается надежное срабатывание реле.

Игровое устройство "Рулетка"

В популярной телевизионной игре "Что? Где? Когда?" для определения очередного тура конкурса используют механический волчок, или рулетку. Раскручивают волчок до большой скорости и дают ему возможность свободно вращаться. Положение стрелки волчка после остановки укажет на адрес очередного вопроса или на музыкальную паузу.

Такое устройство можно сделать и электронным. На рис. 20 приведена его принципиальная схема. Схема генератора несколько отличается от использовавшейся в электронном кубике. Во-первых, транзистор VT1 повышает входное сопротивление логического элемента DD1.1, что позволяет применить конденсатор C1 сравнительно небольшой емкости. Во-вторых, частота генератора зависит от напряжения на базе транзистора VT2· чем больше это напряжение, тем больше и частота.

Нарастающее или убывающее напряжение формируется узлом, собранным на резисторах R3-R7, конденсаторе C2 и кнопке SB1. В исходном состоянии контактов кнопки, показанном на схеме, напряжение на конденсаторе C2 составляет примерно 1 В. При этом транзистор VT2 закрыт, его внутреннее сопротивление велико и генератор не работает. Счетчик DD2 находится в произвольном состоянии, и светится один из светодиодов HL1-HL16. При нажатии кнопки SB1 "Пуск" конденсатор C2 начинает заряжаться. Ток базы транзистора VT2 плавно увеличивается, внутреннее сопротивление транзистора уменьшается, и начинает работать генератор, причем частота его импульсов постепенно увеличивается. Светодиоды HL1-HL16 расположены по окружности, поэтому создается впечатление кругового движения горящей точки (светится только один светодиод).

Когда конденсатор C2 зарядится до максимального напряжения, определяемого сопротивлением резисторов делителя, частота импульсов генератора станет максимальной Теперь кнопку SB1 можно

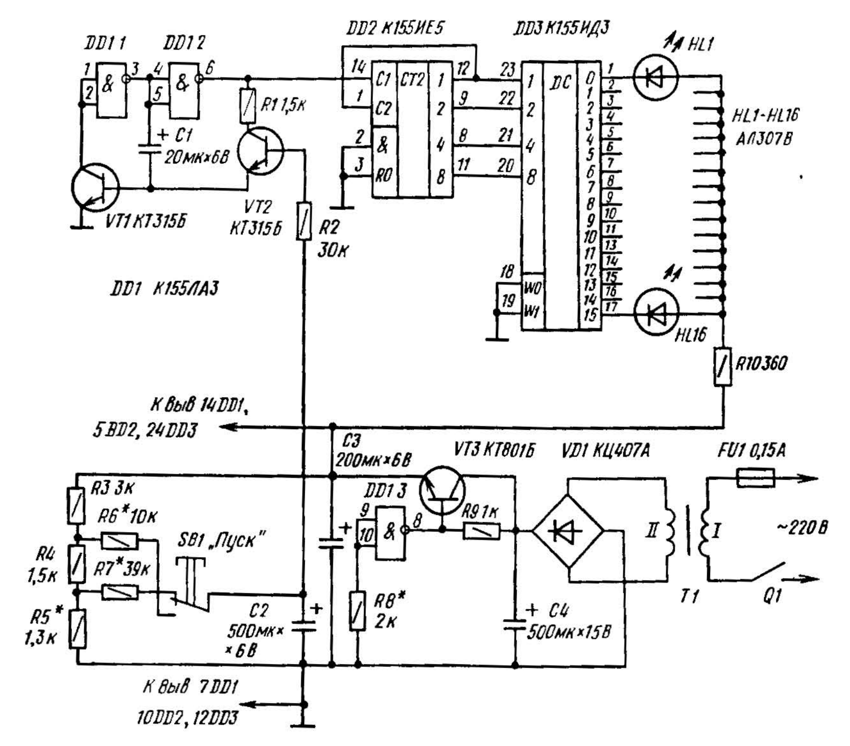


Рис. 20. Схема игрового устройства "Рулетка"

отпустить. Начнется разрядка конденсатора C2, и частота генератора будет плавно уменьшаться. Через некоторое время внутреннее сопротивление транзистора VT2 увеличится настолько, что генератор остановится и будет гореть один из светодиодов HL1-HL16. Какой именно светодиод - заранее узнать невозможно. Именно эта особенность и позволяет использовать устройство в различных играх. Например, около каждого светодиода можно написать числа от 1 до 16 и соревноваться, кто больше очков наберет, скажем, за пять ходов (играют поочередно несколько участников). Если же каждому числу будет соответствовать какое-либо задание, которое должен выполнить участник, то с помощью рулетки можно проводить интересные конкурсы, викторины.

Устройство собрано в круглом корпусе диаметром 300 мм. На верхней крышке находятся 16 светодиодов, равномерно размещенных по окружности, и кнопка SB1 "Пуск" (в центре окружности) Выключатель питания Q1 и держатель предохранителя FU1 расположены на нижней крышке корпуса в углублении.

В устройстве можно применить следующие радиодетали. Транзисторы VT1, VT2 любые из серий КТ312. КТ315, КТ342, КТ3117. VT3 - типов КТ801, КТ807, КТ815 с любыми буквами. Светодиоды HL1-HL16 могут быть типов АЛ102, АЛ307; АЛ310 с любыми буквами Вместо них можно применять также миниатюрные лампы накаливания НСМ6,3-20, но при этом вместо резистора R10 следует поставить перемычку и включить резисторы сопротивлением 510...680 0м между выходами дешифратора DD3 и общим проводом (это уменьшит бросок тока при включении ламп накаливания. поскольку нити ламп все время будут разогреты небольшим током, протекающим через резисторы) Конденсаторы С1-С4 - типов К50-6. К50-16, К50-3. Резисторы - типа МЛТ-0.25. Кнопка SB1 - типа KM1-1, П2К, выключатель питания - тумблер (МТ1, П1Т-1-1, Т1, Т2 и др.) Трансформатор Т1 - любой, имеющий вторичную обмотку на напряжение 8...12 В и ток не менее 200 мА (подойдут, например. без переделки трансформаторы типов ТВК-70Л2, ТВК-110ЛМ, ТВК-110Л2). Транзистор VT3 установлен на небольшом уголке площадью 15...20 см^2 - он служит радиатором.

При налаживании, прежде всего отключив от стабилизатора цепи питания микросхем, с помощью резистора R8 устанавливают на эмиттере VT3 напряжение 5 В. Затем восстанавливают цепи питания микросхем. Нажимают на кнопку SB1 "Пуск" и подбором резистора R6 устанавливают требуемую скорость "разгона" (т. е. скорость нарастания частоты генератора). Затем кнопку SB1 отпускают, резистор R7 закорачивают, резистор R5 временно заменяют переменным такого же номинала и, уменьшая его сопротивление, добиваются срыва колебаний генератора. После этого снимают перемычку с резистора R7, нажатием кнопки SB1 "Пуск" вновь "разгоняют" генератор, кнопку отпускают и подбором резистора R7 устанавливают требуемую скорость остановки. На этом налаживание можно считать законченным.

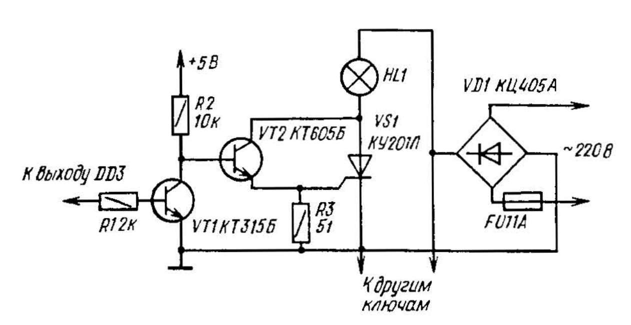


Рис. 21. Схема бесконтактного ключа для выносного табло "Рулетки"

При использовании устройства в большом зале размеры его могут оказаться недостаточными. В этом случае целесообразно изготовить выносное табло размером 1...1,5 м с лампами на напряжение сети и мощностью 40...60 Вт. Для коммутации ламп применяют бесконтактные ключи на тринисторах (рис. 21). При подаче напряжения низкого уровня на вход ключа транзистор VT1 закрыт, а транзистор VT2 и тринистор VS1 открыты, лампа HL1 светится.

При использовании выносного табло светодиоды HL1-HL16 можно не отключать от выходов дешифратора.

Генератор случайных чисел

По принципу действия это устройство аналогично описанному выше, но оно выдает случайные числа в виде цифр, высвечиваемых цифровым индикатором. Принципиальная схема генератора случайных чисел приведена на рис. 22. Устройство выполнено на двух микросхемах серии К176.

Названная серия отличается от уже знакомой нам серии К155 тем, что выполнена на полевых транзисторах. Поэтому микросхемы этой серии потребляют очень малую мощность. Так, для используемых в описываемом ниже генераторе случайных чисел микросхем К176ЛА7 и К176ИЕ8 ток потребления (в статическом режиме) не превышает 0,1 и 100 мкА соответственно. Кроме того, логические элементы, входящие в состав микросхем, имеют высокое входное сопротивле-

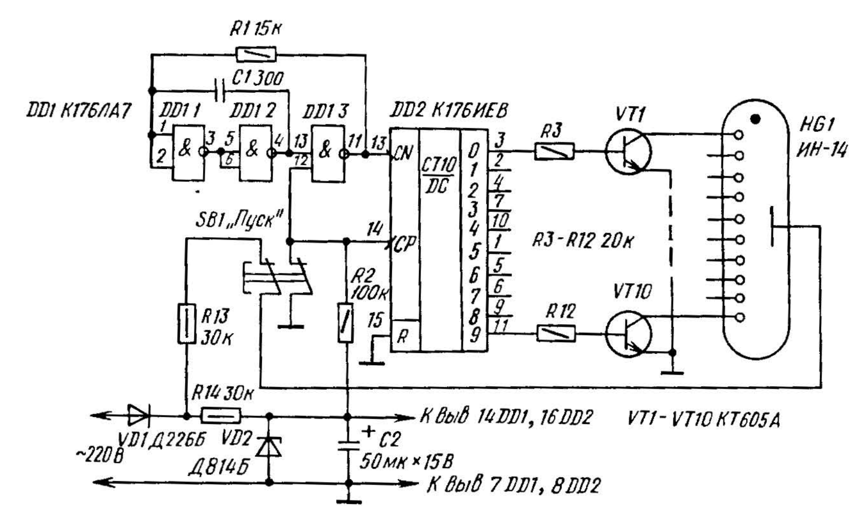


Рис. 22. Схема генератора случайных чисел

ние (несколько мегаом), что также является их достоинством (в этом вы убедитесь ниже).

На микросхеме DD1 собран генератор, а на микросхеме DD2 - счетчик с дешифратором. Микросхема Е176ЕА8 представляет собой десятичный счетчик, совмещенный с дешифратором. Напомним, как работает микросхема. Вход R служит для установки исходного состояния (для этого на него необходимо кратковременно подать напряжение высокого уровня), а вход CP – для подачи счетных импульсов положительной полярности (в данном случае на него в процессе работы подается напряжение высокого логического уровня). Микросхема имеет также вход CN для подачи импульсов отрицательной полярности. В процессе счета на выходах микросхемы последовательно появляется напряжения высокого уровня, которое через резисторы R3-R12 подается на базы высоковольтных транзисторов VT1-VT10. Последние управляют цифровым газоразрядным индикатором HG1. Поскольку за время удержания кнопки SB1 счетчик многократно переполнялся, высвечиваемое индикатором число будет практически случайным.

Контакты кнопки SB1 отключают питание индикатора на время нажатия кнопки, чтобы исключить мерцание цифр.

Питание генератора чисел осуществляется от простейшего однополупериодного выпрямителя с параметрическим стабилизатором и

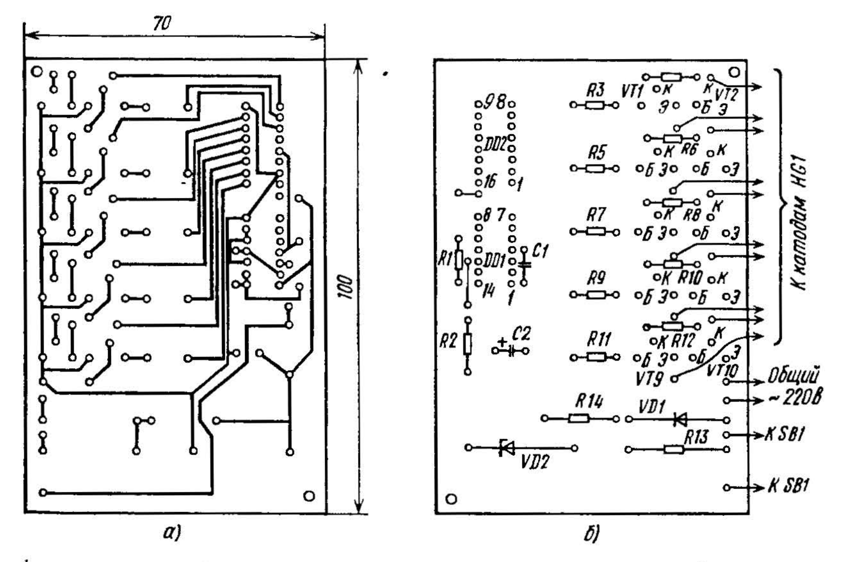


Рис. 23. Монтажная плата и схемы размещения на ней печатных проводников (*а*) и деталей (*б*)

фильтром VD1VD2C2. Резистор R2 необходим для подачи напряжения высокого уровня на вывод 12 микросхемы DD1.

Генератор случайных чисел собран на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита (рис 23). В налаживании устройство не нуждается.

При работе с генератором случайных чисел необходимо соблюдать меры безопасности, поскольку все элементы устройства имеют гальваническую связь с сетью.

Прибор можно использовать для иллюстрации некоторых вопросов теории вероятностей и математической статистики, при проведении различного рода экспериментов, а также в ряде игр.

Тремометр

Название прибора происходит от латинского слова tremor, т.е. дрожание. Тремор - это непроизвольные колебательные движения всего тела или отдельных его частей. Чаще всего они охватывают пальцы рук, веки, язык, нижнюю челюсть, голову. У здоровых людей тремор может возникать вследствие мышечного напряжения, эмоционального возбуждения, действия холода.

Предлагаемый прибор позволяет количественно оценивать тремор пальцев рук и тренировать пальцы. Для этого испытуемый должен специальным щупом совершать движение вдоль прорезей определенной формы (рис. 24), не касаясь их краев.

Рассмотрим работу тремометра, руководствуясь его принципиальной схемой (рис. 25). После подачи питания необходимо дотрону-

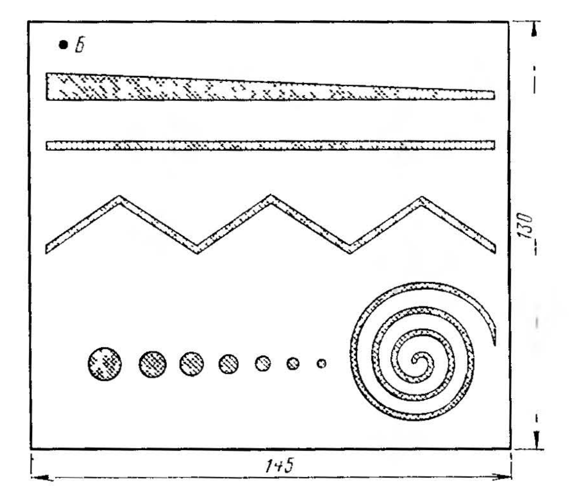


Рис. 24. Эскиз верхней панели тремометра

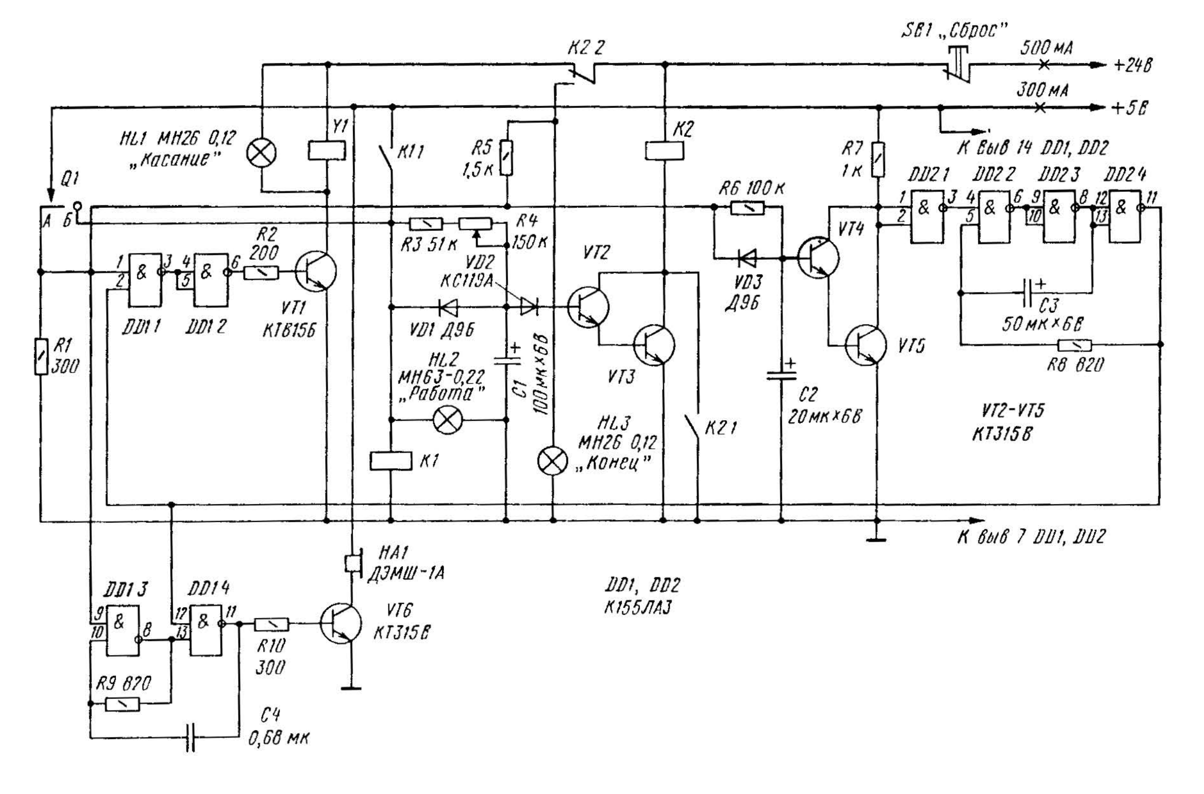


Рис. 25. Схема тремометра

ться щупом Q1 до контакта Б. При этом срабатывает реле K1 и контактами K1.1 самоблокируется, загорается лампа HL2, подсвечивающая табло "Работа". Одновременно через резисторы R3 и R4 начнется зарядка конденсатора C1 - пойдет отсчет времени, отведенного на один цикл. Теперь можно начать выполнение требуемого задания. Вначале щуп поочередно помещают в отверстия, затем проводят слева направо вдоль сужающейся щели, далее - вдоль прямоугольного выреза, и т.д. При этом надо стараться не коснуться краев.

Пластина с прорезями выполнена из металла (на схеме обозначена буквой А), поэтому при касании ее щупом Q1 замыкается электрическая цепь. При этом на вывод 1 логического элемента DD1.1 подается напряжение высокого уровня, транзистор VT1 открывается, срабатывает электромагнитный счетчик импульсов Y1 и загорается лампа HL1, подсвечивающая табло "Касание". Одновременно напряжение высокого уровня, поданное на вывод 9 логического элемента DD1.3, запускает генератор, выполненный на логических элементах DD1.3 и DD1.4 и транзисторе VT6. В звуковом излучателе HA1 раздается звуковой сигнал частотой 300...400 Гц, означающий касание. При каждом касании показание счетчика Y1 увеличивается на единицу. Но ведь можно умышленно прижать щуп к одному из краев прорези и таким образом проделать весь путь, совершив лишь одно касание. В приборе предусмотрено "наказание" за такие неправильные действия. Как только замкнутся контакты Q1 и А, напряжение +5 В окажется приложенным к левому по схеме выводу резистора R6, и через него начнет заряжаться конденсатор C2. Через 1...1,5 с откроются транзисторы VT4 и VT5, на входы логического элемента DD2.1 поступит напряжение низкого уровня, а на вывод 4 элемента DD2.2 - напряжение высокого уровня. Начнет работать генератор, выполненный на логических элементах DD2.2-DD2.4. Импульсы с выхода генератора (их частота равна 10...15 Гц) будут поступать на вывод 2 логического элемента DD1.1 и вывод 12 элемента DD1.4. Счетчик будет срабатывать с частотой 10...15 Гц, накапливая штрафные очки, а звуковой излучатель HA1 будет издавать прерывистые звуковые сигналы.

Через 15...20 с после начала выполнения задания конденсатор C1 зарядится до напряжения, достаточного для открывания составного транзистора VT2VT3. Сработает электромагнитное реле K2 и контактами K2.1 самоблокируется. Контактами K2.2 оно включит лампу HL3, подсвечивающую транспарант "Конец", а также снимет питание с лампы HL1 и счетчика Y1. Зазвучит прерывистый звуковой сигнал, извещающий об истечении отведенного времени.

Для установки устройства в исходное состояние необходимо нажать кнопку SB1 "Сброс". Диоды VD1 и VD3 нужны для быстрой разрядки конденсаторов C1 и C2 после снятия с катодов диодов положительного напряжения.

Теперь о деталях тремометра. Вместо микросхемы К155ЛА3 можно применить аналогичные микросхемы серий К133, К134, К158, КР531, К555. Транзисторы VT2-VT6 могут быть любыми из серий КТ312, КТ315, КТ503, КТ603, КТ608, КТ3117; VT1 - любой из серий КТ801, КТ815, КТ817. Диоды VD1, VD3 - любые из серий Д9, Д311, КД509, КД510, КД521, КД522. Стабистор КС119А (VD2) можно заменить КС113А, а также применить взамен два-три последовательно соединенных диода из перечисленных выше. Конденсаторы C1-C3 - оксидные К50-6, К50-16, К50-35; C4 - КМ-6, К10-17, К10-23, К73-17. Переменный резистор R4 - типа СП-1 или СП3-4а, остальные резисторы - МЛТ-0,25. Звуковой излучатель ДЭМШ-1А можно заменить телефонным капсюлем любого типа сопротивлением 60...200 Ом, а также вызывным прибором ВП-1. Реле K1 - РЭС-10 (паспорт РС4.524.304 или РС4.524.315), или РЭС-15 (паспорт РС4.591.002 или РС4.591.005). Электромеханический счетчик Y1 - типа СИ206 или СИ100. Кнопка SB1 - любого типа с контактами на размыкание.

Для питания тремометра потребуются источник постоянного стабилизированного напряжения 5 В при токе не менее 300 мА и источник постоянного нестабилизированного напряжения 24 В при токе не менее 500 мА.

Переднюю панель прибора, в которой сделаны прорези, желательно выполнить из нержавеющей стали толщиной 1...1,5 мм. Щуп Q1 можно сделать из вязальной спицы диаметром 1...1,5 мм и длиной 150...200 мм.

Переменным резистором R4 можно устанавливать различное время выполнения задания.

Для расширения возможностей тремометра можно рекомендовать замену электромеханического счетчика счетчиком на цифровых микросхемах, изменение тона звукового сигнала по окончании отведенного времени. Эти усовершенствования предлагается сделать самостоятельно.

"Кто быстрее?"

У кого реакция лучше? Это можно определить с помощью автомата, схема которого изображена на рис. 26. Играют четверо. Каждый держит в руках небольшой пульт с кнопкой. У ведущего находится в руках выносной пульт управления, с которого подается

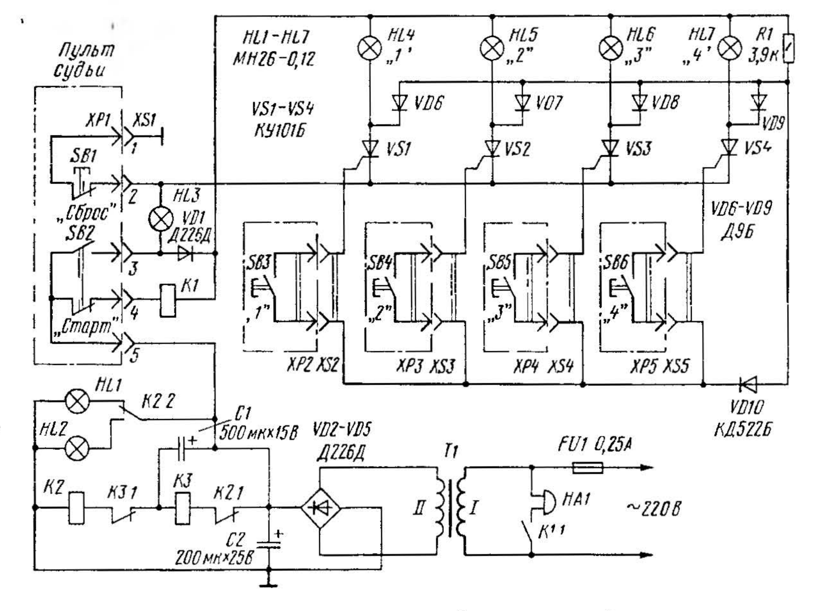


Рис. 26. Схема игрового автомата "Кто быстрее?" (вариант 1)

сигнал старта. А пока такого сигнала нет, на лицевой панели периодически вспыхивают две лампы. Но вот ведущий незаметно от играющих нажал кнопку на пульте управления. Сразу же вспыхивает лампа сигнала старта. Теперь все зависит от реакции играющих: кто быстрее нажмет "свою" кнопку, тот и выиграет этот старт.

Рассмотрим работу игрового автомата. При нажатии на кнопку SB2 "Старт" загорается лампа HL3. Увидев ее сигнал, все игроки нажимают кнопки своих пультов (SB3-SB6). Предположим, что первой оказалась нажатой кнопка SB5. Тогда положительное напряжение выпрямителя VD2-VD5 через замыкающие контакты кнопки SB2, диод VD1, резистор R1, диод VD10 и контакты кнопки SB5 поступит на управляющий электрод тринистора VS3, он откроется и загорится лампа HL6, определяющая лидера. Одновременно откроется диод VD8, что приведет к уменьшению на нижнем по схеме выводе резистора R1 напряжения до 0,5...1 В. Поэтому при нажатии кнопок остальными игроками соответствующие тринисторы не смогут открыться. В том же случае, если кто-либо из игроков нажмет свою кнопку до подачи полезного сигнала, одновременно с открыванием соответствующего тринистора и загоранием лампы этого игрока сработает реле K1 и своими

контактами К1.1 включит звонок НА1 - сигнал нарушения правил игры. Диод VD1 предотвратит в этом случае загорание лампы HL3. Кнопкой SB1 "Сброс" ведущий устанавливает устройство в исходное состояние.

Лампы HL1 и HL2, мигая, выполняют функцию отвлекающих сигналов; они переключаются простейшим генератором, собранным на реле К2, К3 и конденсаторе С1.

Тринисторы, используемые в этом игровом автомате, могут быть серии КУ101 с любыми буквами. Диоды VD6-VD9 - любые из серий Д9 (кроме Д9Б), Д311 (эти диоды имеют малое прямое падение напряжения, что требуется для надежного шунтирования управляющих переходов тринисторов); VD10 - любой из серий КД509, КД510, КД521, КД522. Реле К1 - РЭС-10 (паспорт РС4.524.317), К2, К3 - РЭС-9 (паспорт РС4.524.202). Трансформатор Т1 - мощностью 5...10 Вт, понижающий напряжение сети до 16...18 В при токе нагрузки не менее 300 мА. Подойдут, например, трансформаторы типов ТВК-110Л-1, ТВК-110Л-2. Кнопки SB1, SB3 - SB6 - КМ1-1, SB2 - тумблер МТ1-1, ТВ2-1; можно также использовать переключатели П2К. В качестве разъемов использованы магнитофонные разъемы типа СГ-5.

Устройство, собранное без ошибок, в налаживании не нуждается. Игровой автомат "Кто быстрее?" можно выполнить также и на интегральных микросхемах.

Работает такой прибор аналогично описанному выше варианту на тринисторах. Его принципиальная схема приведена на рис. 27.

На логических элементах микросхем DD2, DD4 выполнены RS-триггеры. После подачи питания необходимо нажать кнопку SB6 "Сброс", расположенную на пульте ведущего. При этом все RS-триггеры установятся в нулевое состояние (на их верхних по схеме выходах - напряжение низкого уровня). На выходах логических элементов микросхем DD1 и DD3 - напряжение высокого уровня, поскольку через нормально замкнутые контакты кнопок SB1-SB4 на один из входов каждого из этих логических элементов подано напряжение низкого уровня. Лампы HL1-HL4 не светятся. Работает генератор отвлекающих сигналов, собранный на логических элементах DD6.1, DD6.2 и транзисторе VT5. (Этот транзистор повышает входное сопротивление логического элемента DD6.1, что позволяет использовать резистор R10 сопротивлением в несколько десятков килоом и конденсатор С1 относительно небольшой емкости. Аналогичный генератор встречается и в других конструкциях данной книги). "Перемигиваются" лампы HL5 и HL7 отвлекающего сигнала с частотой около 2 Гц.

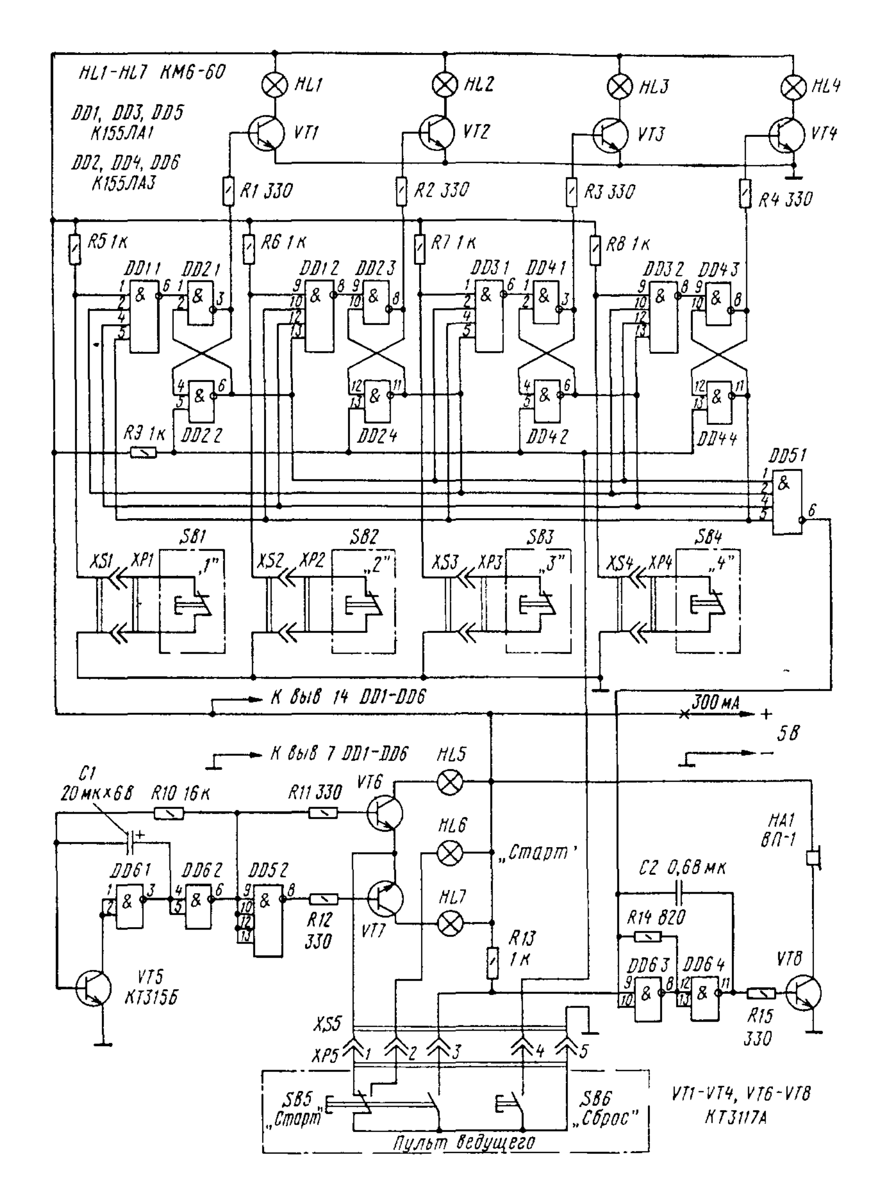


Рис. 27. Схема игрового автомата "Кто быстрее?" (вариант 2)

После перевода ведущим контактов переключателя SB5 "Старт" в противоположное указанному на схеме положение лампы отвлекающего сигнала отключаются и загорается лампа HL6 полезного сигнала "Старт". Игроки нажимают свои кнопки SB1-SB4. Допустим, обладатель кнопки SB1 среагировал первым. При этом на выходе логического элемента DD1.1 появится напряжение низкого уровня, и триггер DD2.1DD2.2 переключится в противоположное состояние, которому соответствует напряжение высокого уровня на выходе элемента DD2.1. На другом выходе триггера (выход элемента DD2.2) при этом будет напряжение низкого уровня, которое поступит на входы логических элементов DD1.2, DD3.1 и DD3.2 (выводы 13,2 и 12 соответственно), поэтому остальные RS-триггеры уже не смогут изменить своего состояния. Одновременно откроется транзистор VT1 и загорится лампа HL1, фиксирующая лидера.

А если первый игрок среагировал преждевременно, т.е. нажал кнопку SB1 до включения лампы "Старт"? В этом случае устройство будет работать так же, как и ранее, однако одновременно с загоранием лампы HL1 в этом случае зазвучит сигнал фальстарта. Этот звуковой сигнал формируется генератором на логических элементах DD6.3 и DD6.4, а работа генератора будет разрешена подачей напряжения высокого уровня, поданного с выхода DD5.1 на вход DD6.3. В случае своевременного старта генератор не заработает, поскольку на выводе 9 логического элемента DD6.3 будет напряжение низкого уровня, поданное через замыкающие контакты переключателя SB5.

В устройстве можно применить микросхемы серий К133, К134, К158, КР531, К555. Транзисторы КТ3117А можно заменить КТ603, КТ608, КТ801, КТ815 с любыми буквами, КТ315Б любым из серий КТ201, КТ315, КТ503. Конденсатор C1 - оксидный К50-6, К50-16, К50-35; C2 - КМ-6, К10-17, К73-17. Кнопки, переключатели и разъемы - тех же типов, что и в предыдущем варианте игрового автомата.

Для питания устройства потребуется источник, обеспечивающий постоянное напряжение 5 В при токе не менее 300 мА. Он может быть собран, например, по схеме блока питания логического прибора "Версия", описание которого будет приведено ниже.

В игровой автомат "Кто быстрее?" при желании можно внести некоторые усовершенствования. Например, вместо ламп накаливания, определяющих лидера, можно применить цифровые индикаторы (газоразрядные, светодиодные или люминесцентные). При этом каждому игроку будет соответствовать свой цифровой индикатор, и высвечиваемая им цифра позволит определить, каким по счету он среагировал на полезный сигнал. Можно также ввести электронный

секундомер - это позволит определять не только относительную, но и абсолютную реакцию игрока

Логический прибор "Версия"

На верхней панели такого прибора-автомата (рис 28, расположение на рисунке элементов управления относится ко второму варианту прибора) находятся шесть кнопок и несколько табло Нажимая эти кнопки в определенной последовательности, требуется зажечь световое табло "Конец" Добиться этого можно последовательным нажатием только трех определенных кнопок, а нажатие любой из трех других кнопок возвращает устройство в исходное состояние, т е сводит на нет все предыдущие ходы Время, которое дается на ходы, ограничено

Принципиальная схема прибора приведена на рис 29 При подключении источника питания загорается лампа HL1, подсвечивающая табло "Начинайте игру" После этого игрок начинает нажимать кнопки SB1-SB6 в той последовательности, которую он считает правильной Допустим, первой нажата кнопка SB1 При этом сработает реле K1 и своими контактами K1 2 самоблокируется Начинается зарядка конденсатора C1, работающего в реле выдержки времени, а контакты K1 1 подготавливают к срабатыванию цепь реле K2 и отключают табло "Начинайте игру" Если следующей будет нажата кнопка SB2, то сработает реле K2, а после нажатия кнопки SB3 - реле K3, которое контактами K3 2 зажжет лампу HL2 табло "Конец" - игра окончена Но реле K3 сработает только в том случае, если три кнопки будут нажаты именно в указанной последовательности SB1-SB2-SB3 Если же будет нажата одна из кнопок SB4-SB6,

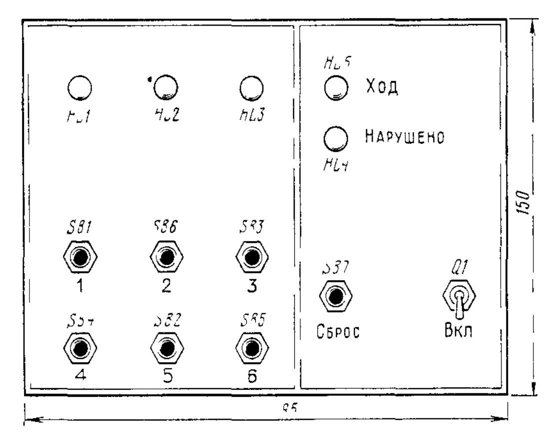


Рис. 28. Эскиз передней панели прибора "Версия"

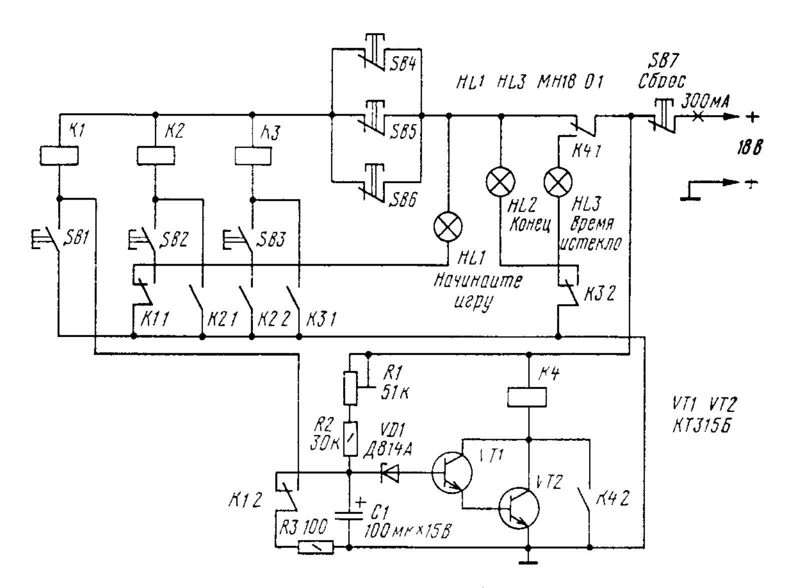


Рис. 29. Схема логического прибора "Версия" (вариант 1)

то все сработавшие ранее реле (К1-К3) отпустят А если игрок не успеет угадать необходимую последовательность нажатия кнопок в течение заданного времени? В таком случае сработает реле К4 выдержки времени, и зажжется лампа HL3 табло "Время истекло" Таким образом, игрок, предлагая свою версия последовательности нажатия кнопок, должен включить табло "Конец"

По окончании каждого цикла игры устройство возвращают в исходное состояние нажатием кнопки SB7 "Сброс" Выигрывает тот из игроков, кто угадает нужную последовательность нажатия кнопок за наименьшее число попыток

Как работает реле выдержки времени? После срабатывания реле К1 его контакты К1 2 размыкаются, и начинается зарядка конденсатора С1 через резисторы R1 и R2 При определенном напряжении на положительной обкладке конденсатора откроется стабилитрон VD1, а также откроется составной транзистор VT1VT2 и сработает реле К4 - зажжется лампа HL3 табло "Время истекло" Резистор R3 ограничивает ток разрядки конденсатора

О деталях устройства Транзисторы VT1 и VT2 могут быть любыми из серий КТ312, КТ315, КТ503 Конденсатор С1 - оксидный К50-6, К50-16, К50-35 Реле К1-К4 - РЭС-9, паспорт РС4 524 200 Кнопки SB1-SB7 - КМ1-1, П2К и др Источник питания прибора должен обеспечивать постоянное напряжение 18 20 В при токе не менее 300 мА

Кнопки SB1-SB6 на лицевой панели прибора располагают в произвольном порядке.

Налаживание устройства состоит в установке подстроечным резистором R1 выдержки времени, равной 5...10 с.

Несколько рекомендаций по расширению возможностей игрового автомата. Во-первых, можно предусмотреть изменение требуемой последовательности нажатия кнопок, использовав для этого галетный переключатель. Во-вторых, игру можно сделать в расчете на двух игроков, которые будут делать ходы поочередно - игра станет интереснее.

Схема второго варианта игрового автомата "Версия", выполненного на тринисторах и интегральных микросхемах, показана на рис. 30. Логика его работы несколько отличается от предыдущегс

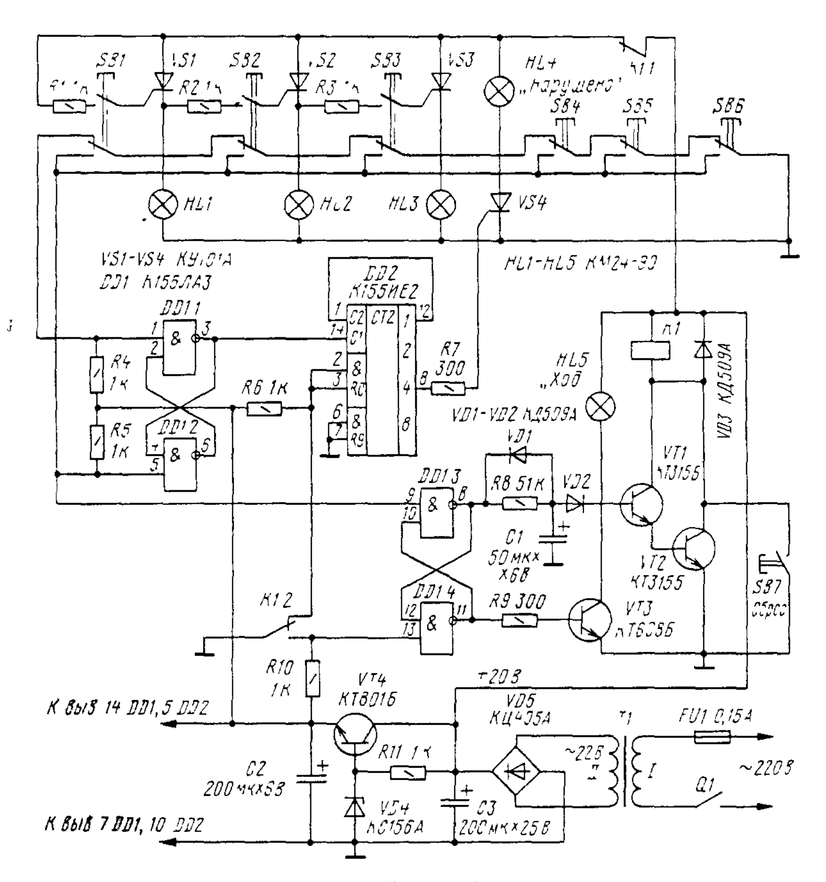


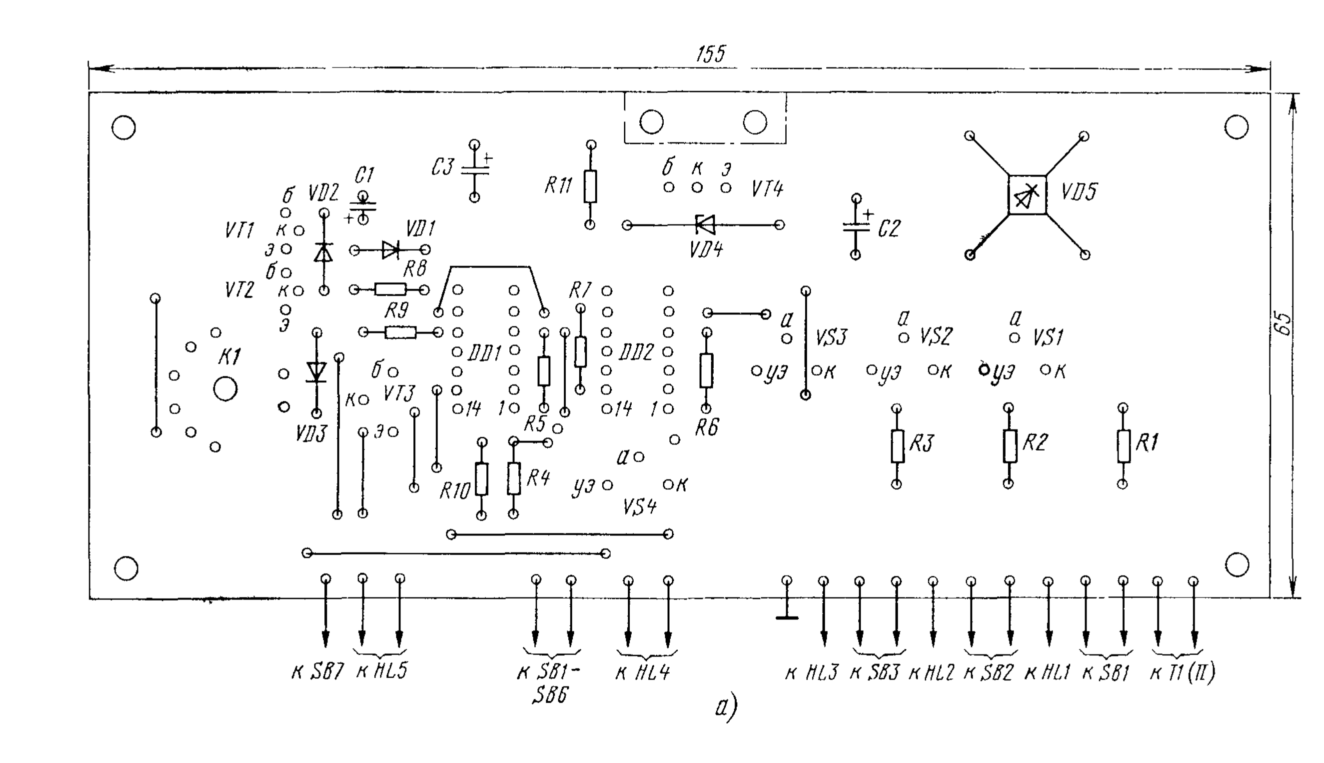
Рис. 30. Схема варианта прибора "Версия" на тринисторах и микросхемах

зарианта. На передней панели прибора (см. рис. 28) расположены шесть кнопок, каждой из которых присвоен порядковый номер. По сигналу автомата "Ход" требуется за 5...7 с последовательно нажать три кнопки, после чего цикл можно повторить. Задача состоит в том, чтобы зажечь последовательно три лампы HL1-HL3, расположенные на передней панели прибора, и таким образом угадать искомое число. Каждую последующую цифру числа можно определять только после того, как отгадана предыдущая. Если, допустим, искомое число 132, а игрок нажмет одну за другой кнопки 2, 3, 1, то ни одна из ламп не загорится, хотя вторая цифра определена верно. В соответствии с этим выстраивают и версии поиска: сначала нужно найти первую цифру числа, затем, начиная последующие ходы с нажатия уже известной первой кнопки, определить вторую цифру, а затем - и третью.

Как работает это игровое устройство? После подключения его к сети выключателем Q1 следует нажать кнопку SB7 "Сброс". При этом кратковременно сработает реле K1 и своими контактами K1.2 установит в исходное состояние RS-триггер на логических элементах DD1.3 и DD1.4, а также счетчик DD2. В отличие от RS-триггера, который устанавливается в нулевое состояние подачей напряжения низкого уровня на его вход, счетчик К155ИЕ2 устанавливается в нулевое состояние подачей напряжения высокого уровня на его входы &R0. В счетном режиме на этих входах должно быть напряжение низкого уровня. Счетные импульсы должны подаваться на вход C1, при этом на выходах 1, 2, 4, 8 появляются сигналы, соответствующие в двоичном коде числу импульсов, поданных на вход счетчика.

Итак, устройство в исходном состоянии, светится лампа HL5 "Ход". Можно нажимать кнопки. Допустим, игрок первой нажал кнопку SB1. При этом откроется тринистор VS1 и загорится лампа HL1. Если затем нажать кнопку SB2, то откроется тринистор VS2, на управляющий электрод которого будет подано напряжение с лампы HL1 через резистор R2 и замыкающие контакты кнопки SB2. Очевидно, что если лампа HL1 не светится, то тринистор VS2 не откроется.

Каждое нажатие одной из кнопок SB1-SB6 приводит к формированию на выходе RS-триггера DD1.1DD1.2 (вывод 3) импульса, и состояние счетчика DD2 будет увеличиваться на единицу. После поступления на счетчик четырех импульсов на выходе 4 микросхемы DD2 появится напряжение высокого уровня, откроется тринистор VS4 и загорится лампа HL4 "Нарушено". Таким образом, по правилам игры за один цикл поиска можно нажимать не более трех кнопок.



155
65
C1
C3
R11
б к э
VT4
VD5
б VD2
VT1 к
э
б
VT2 к
э
VD1
R8
R9
VD4
C2
K1
VD3
б
к VT3
э
DD1
14 1
R7
DD2
14 1
R5
R6
R10
R4
а
уэ
к
VS4
а VS3
уэ к
а VS2
уэ к
а VS1
уэ к
R3
R2
R1
к SB7
к HL5
к SB1-SB6
к HL4
к HL3
к SB3
к HL2
к SB2
к HL1
к SB1
к T1 (II)

а)

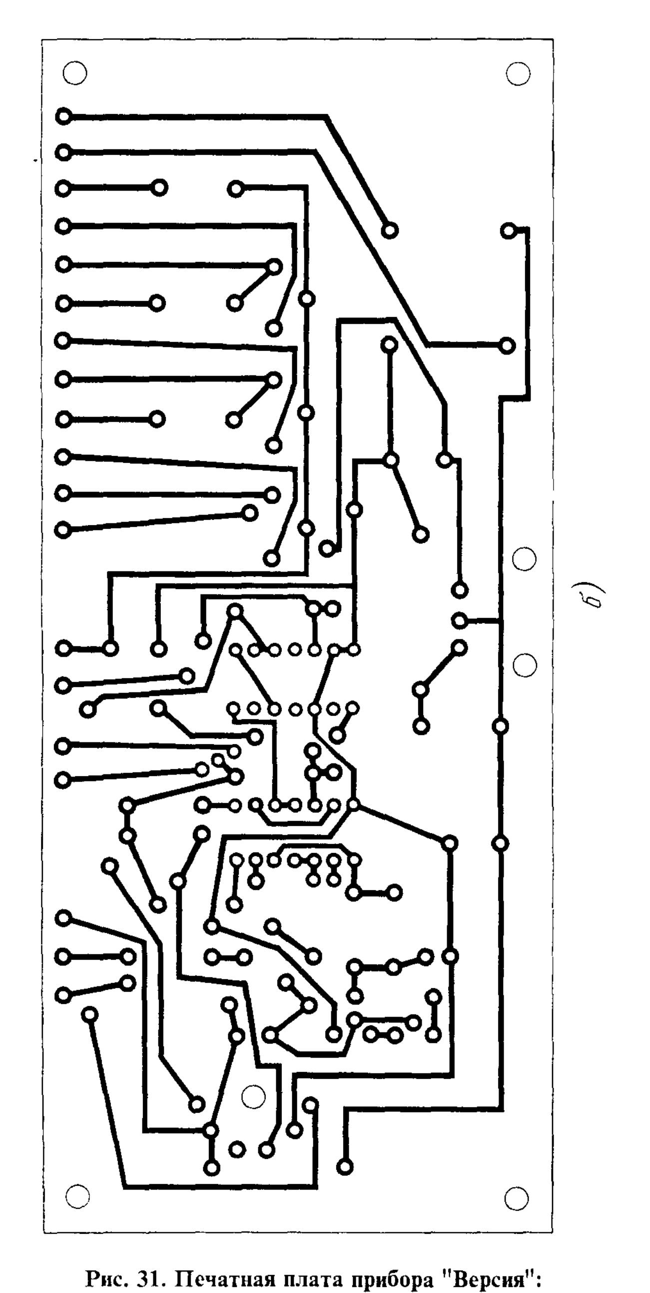


Рис. 31. Печатная плата прибора "Версия":
а - расположение деталей на плате, *б* - расположение печатных проводников

В устройстве предусмотрено и ограничение времени совершения ходов. После первого же нажатия одной из кнопок переключится в противоположное состояние RS-триггер DD1.3DD1.4 - на выводе 8 появится напряжение высокого уровня и через резистор R8 начнется зарядка конденсатора C1. Как только напряжение на нем достигнет 2...3 В, откроется составной транзистор VT1VT2 и сработает реле K1. Устройство возвратится в исходное состояние.

Диод VD1 обеспечивает быструю разрядку конденсатора C1 после возвращения устройства в исходное состояние.

Микросхемы устройства питаются от стабилизатора, выполненного на транзисторе VT4, который включен эмиттерным повторителем. Лампы и реле K1 питаются выпрямленным нестабилизированным напряжением, снимаемым с конденсатора C3.

В игровом автомате можно использовать микросхемы серий К133, К155, КР531, К555. Тринисторы - любые из серии КУ101. Транзисторы КТ315Б и КТ608Б можно заменить любыми из серий КТ608, КТ815, а также на КТ603А, КТ3117А. В качестве VT4 можно применить транзисторы типов КТ807, КТ815, КТ817 с любыми буквами. Диодную сборку КЦ405А можно заменить на КЦ402, КЦ405 с любыми буквами, а также на КЦ407А. Реле K1 - типа РЭС-9, паспорт РС4.524.201. Кнопки SB1-SB7 - типов КМ2-1, П2К, выключатель питания Q1 - тумблер любого типа (ТВ2-1, ТП1-2, МТ1 и др.). Трансформатор T1 - ТВК-110Л-1 (использована обмотка II). Самодельный трансформатор может быть выполнен на магнитопроводе ШЛ16х25. Обмотка I содержит 2400 витков провода ПЭВ-1 0,14, обмотка II - 250 витков провода ПЭВ-1 0,27.

Большая часть элементов устройства размещена на печатной плате (рис. 31). Транзистор VT4 установлен на небольшом радиаторе (площадью 20...30 см^2). Если монтаж выполнен без ошибок и все детали исправны, то в налаживании устройство не нуждается.

Это устройство - не только игра. Его можно использовать и для тренировки логичности мышления, способности быстро принимать решения. Для этого прибор можно усовершенствовать, например, ввести счетчик суммарного затраченного времени, счетчик числа ходов. Подумайте, как это сделать.

Рефлексометр

Как известно, реакцией человека называют время, которое проходит от момента воздействия на наши органы чувств какого-либо раздражителя до момента принятия конкретных действий. Например, шофер увидел на дороге яму и нажал на тормоза. Промежуток времени "увидел - нажал" и будет составлять в этом

случае время реакции. Несомненно, есть люди с хорошей и плохой реакцией от рождения. Но реакцию можно тренировать. Хорошо подходит для этого прибор "Кто быстрее?", описание которого было приведено выше. Рефлексометр, о котором речь пойдет ниже, также предназначен для тренировки реакции и внимания.

Сущность работы рефлексометра состоит в следующем. На табло в случайной последовательности зажигаются цифры от 0 до 9. В течение времени горения цифры испытуемый должен успеть нажать кнопку с номером, соответствующим появившейся цифре. Если нажата нужная кнопка и в срок, в актив испытуемому засчитывается одно очко, в противном случае очко не засчитывается. Чем больше очков будет набрано, тем лучшими перечисленными выше способностями обладает человек.

Рассмотрим работу устройства по его принципиальной схеме, представленной на рис. 32. На микросхемах DD3-DD8 выполнены три декадных счетчика. На работе счетчика остановимся подробнее. Микросхема К155ИЕ2 представляет собой двоично-десятичный четырехразрядный счетчик. Для обеспечения счетного режима работы выход первого триггера (вывод 12) соединен с входом второго триггера (вывод 1). Входные импульсы подают на вход С1 (вывод 14). Установка всех четырех триггеров счетчика в нулевое состояние обеспечивается подачей напряжения высокого уровня на входы &R0. В режиме счета импульсов на эти входы должно быть подано напряжение низкого уровня. При поступлении импульсов на вход С1 происходит последовательное переключение триггеров микросхемы таким образом, что число, записанное в триггерах и выведенное в двоичной форме на выходы 1-2-4-8, соответствует числу поступивших на счетчик импульсов после его сброса. Выходы счетчика соединены с соответствующими входами дешифратора (микросхема К155ИД1), который преобразует двоично-десятичный код в десятичный и управляет работой газоразрядного индикатора ИН-14.

Индикатор HG1 первого счетчика "выдает" случайные числа, второй счетчик фиксирует набранные очки, а третий считает общее число циклов. На логических элементах DD1.4 и DD2.1 собран генератор, вырабатывающий импульсы с частотой следования в несколько десятков килогерц, а на логических элементах DD1.1-DD1.3 - генератор инфранизкой (доли герца) частоты. Допустим, что второй генератор находится в состоянии, при котором на выходе элемента DD1.3 напряжение высокого уровня (на все элементы устройства подано питание, и микросхемы установлены в исходное состояние нажатием кнопки SB11 "Сброс", а затем нажата кнопка SB12 "Пуск"). В этом случае на счетный вход С1 микросхемы DD3

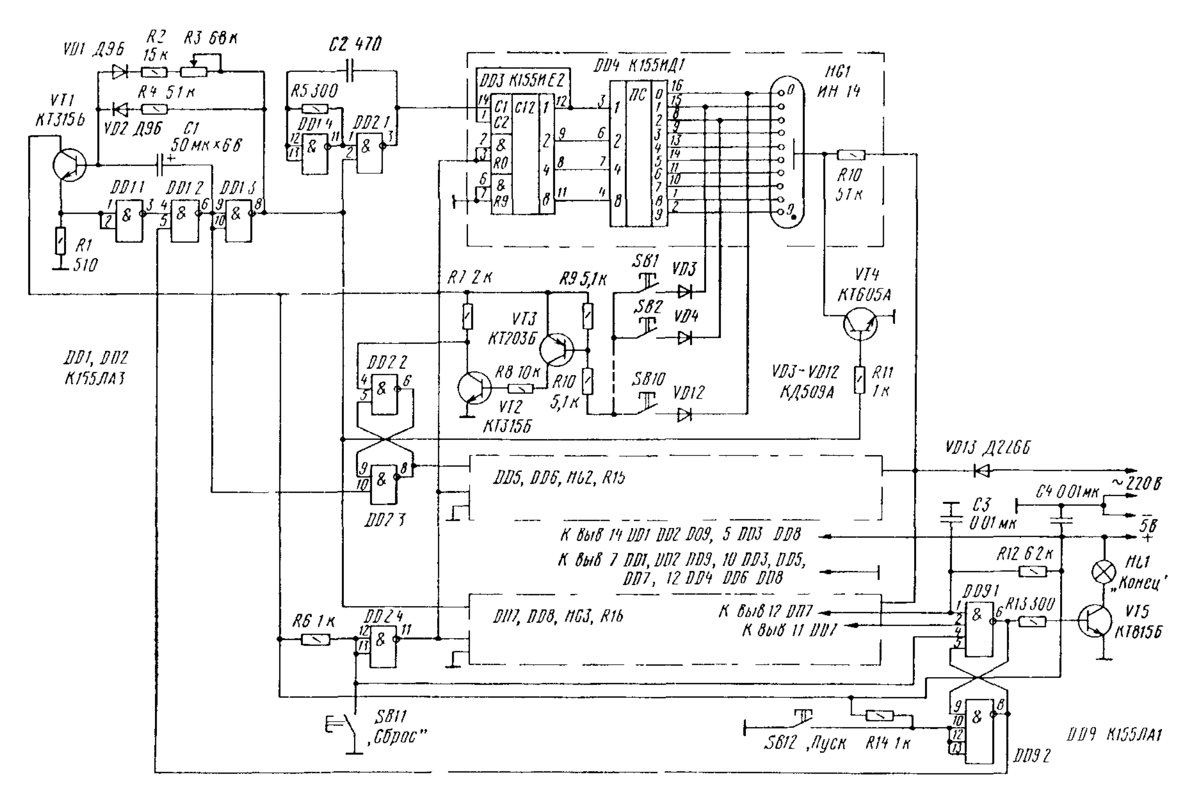


Рис. 32. Схема рефлексометра

будут поступать импульсы высокой частоты. Через некоторое время конденсатор С1 перезарядится, и на выходе DD1.3 появится напряжение низкого уровня, генератор DD1.4DD2.1 затормозится. Но счетчик DD3 многократно переполнялся импульсами генератора, поэтому после его остановки цифровой индикатор HG1 будет высвечивать практически случайное число. Допустим, это число "2". Тогда испытуемый должен нажать кнопку с таким же номером (SB2). Напряжение низкого уровня с вывода 8 дешифратора DD4 через диод VD4 и замыкающие контакты кнопки SB2, через резистор R10 поступит на базу транзистора VT3. Транзисторы VT2 и VT3 откроются. На вход RS-триггера DD2.2DD2 3 (вывод 4 микросхемы DD2) поступит напряжение низкого уровня и переключит его в противоположное предыдущему состояние. При этом с выхода триггера (вывод 8 микросхемы DD2) на вход второго счетчика поступит импульс, который запишет в счетчик одно очко. Если же испытуемый нажмет любую другую кнопку, кроме SB2, состояние RS-триггера и второго счетчика не изменится. После этого цикл работы рефлексометра повторится.

Импульсы с выхода элемента DD1.3 поступают на вход третьего счетчика, который фиксирует общее число циклов. После прихода на счетчик девятого импульса RS-триггер DD9.1DD9.2 сигналами с выходов 1 и 8 (выводы 12 и 11 микросхемы DD7) переключится в противоположное состояние, загорится лампа HL1, сигнализирующая об окончании одного цикла эксперимента. Индикатор HG2 высветит число набранных очков, которое в лучшем случае может быть равно 9. Для начала новой серии циклов необходимо нажать кнопку SB12 "Пуск".

Переменным резистором R3 можно изменять продолжительность свечения цифры, выдаваемой генератором случайных чисел (индикатор HG1), и тем самым упрощать или усложнять задачу испытуемого. Диоды VD1 и VD2 позволяют раздельно устанавливать длительность действия напряжений высокого и низкого уровней на выходе генератора. Транзистор VT4 отключает цифровой индикатор HG1 в моменты работы генератора случайных чисел и тем самым исключает мерцание цифр индикатора. Резисторы R6, R12, R14, конденсаторы С3, С4 обеспечивают необходимую помехоустойчивость микросхем рефлексометра.

Транзисторы VT1, VT2 могут быть любыми из серий КТ312, КТ315, КТ503; VT3 - любой из серий КТ203, КТ361, КТ502; VT4 - любой из серий П308, П309, КТ601, КТ604, КТ605, КТ940, VT5 - КТ603, КТ608, КТ3117, КТ815, КТ817 с любыми буквами. Диоды VD1, VD2 - любые из серий Д9, Д311, КД509, КД521, КД522; VD3-VD12 - Д104А, Д105А, Д223А, Д223Б, КД521 (А-В), КД509А,

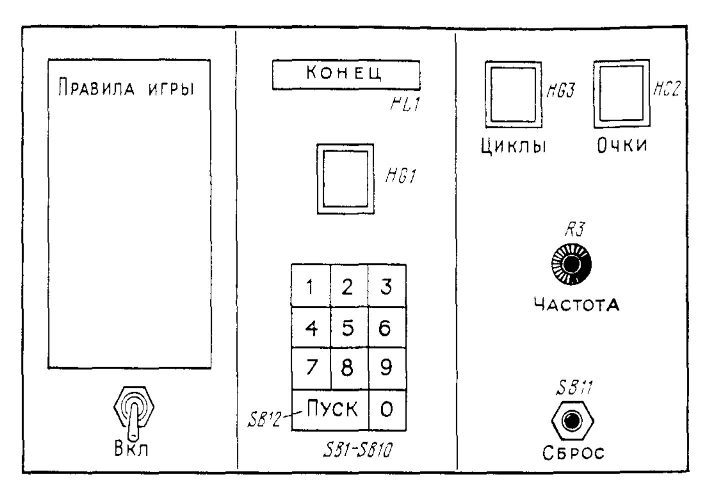


Рис. 33. Эскиз верхней панели рефлексометра

КД226 с любыми буквами (эти диоды должны быть рассчитаны на обратное напряжение не менее 70 В и малое прямое (0,5...1 В) напряжение). Конденсатор С1 - оксидный К50-6, К50-16, К50-35; С2-С4 - типов КМ-6, К10-7, К10-17, КЛС. Переменный резистор R3 - СП-1, СП3-4ам, остальные резисторы - МЛТ-0,25. Кнопки SB1-SB12 желательно применить с герконовыми контактами (у них малое усилие нажатия), однако при их отсутствии возможно использование кнопок и других типов. Цифровые газоразрядные индикаторы HG1-HG3 - типов ИН-1, ИН-4, ИН-8, ИН-12, ИН-14, ИН-18. Лампа HL1 - КМ6-60 или НСМ6,3-20.

Источник питания 5 В должен быть рассчитан на ток не менее 300 мА. Переменное напряжение для питания анодов цифровых индикаторов желательно подавать не непосредственно от сети, а снимать с одной из вторичных обмоток питающего трансформатора - это повысит и помехоустойчивость, и электробезопасность при работе с прибором.

Монтаж элементов рефлексометра выполнен на унифицированной печатной плате N 2 (см. рис.16,б), соединения сделаны одножильным изолированным проводом. На передней панели прибора (рис. 33) расположены индикаторные лампы HG1-HG3 с соответствующими надписями около них, а также лампа HL4, кнопки SB1-SB12 и ручка переменного резистора R3.

Если рефлексометр собран из исправных деталей и без ошибок, он начинает работать сразу. Следует лишь резисторами R10. R15, R16 установить необходимую яркость свечения цифровых индикаторов.

Электронный светофор

Беседы по правилам дорожного движения, проводимые учителями в начальных классах, могут стать более эффективными, если они будут сопровождаться демонстрацией модели автоматически действующего светофора.

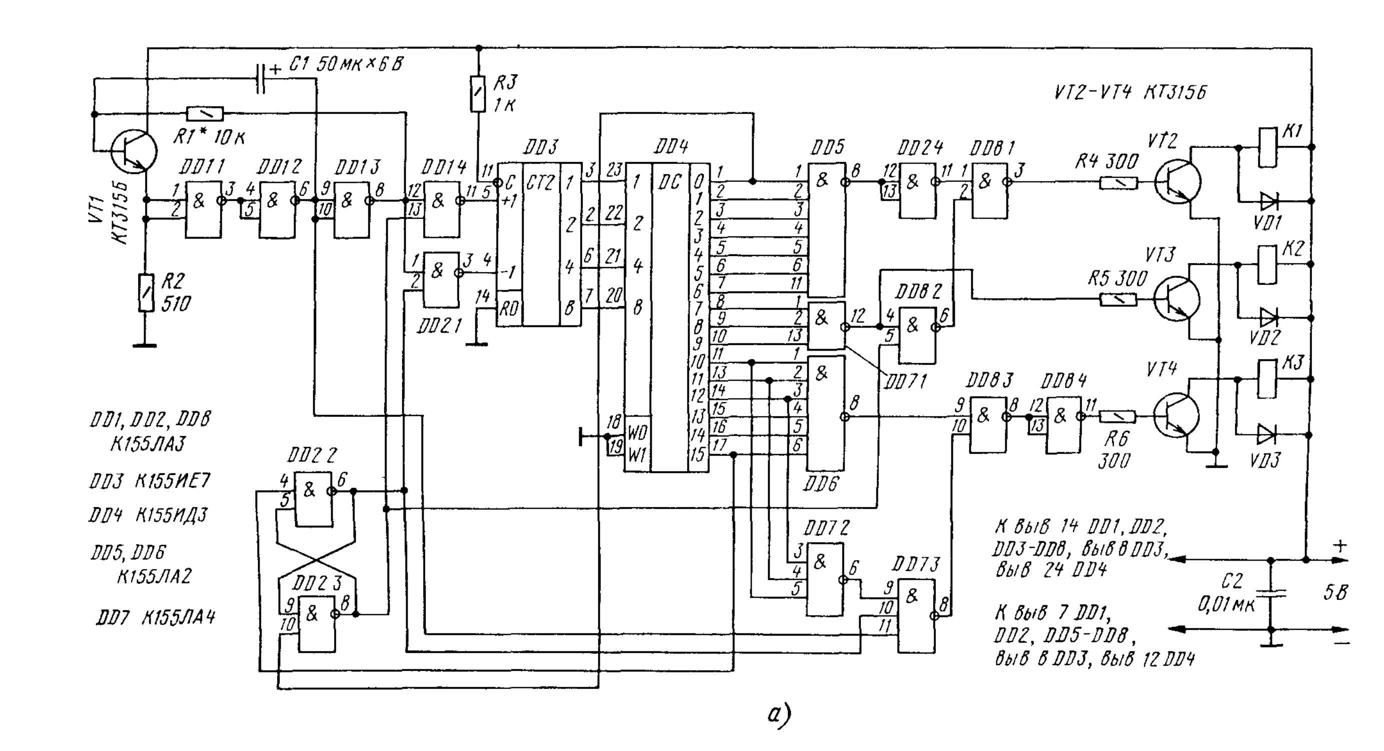
Схема электронного светофора, выполненного на интегральных микросхемах, приведена на рис. 34. Принцип его работы иллюстрируют временные диаграммы, представленные здесь же.

Логические элементы DD1.1-DD1.3 образуют генератор импульсов с частотой около 1 Гц. Транзистор VT1 повышает входное сопротивление элемента DD1.1, что позволяет использовать в генераторе конденсатор C1 сравнительно небольшой емкости при большом сопротивлении резистора R1. Импульсы с выхода генератора поступают на входы элементов DD1.4 и DD2.1, работой которых управляет RS-триггер на элементах DD2.2 и DD2.3. Если на выводе 6 элемента DD2.2 напряжение высокого уровня, то импульсы поступают на вывод 4 микросхемы DD3, если же напряжение высокого уровня на выводе 8 элемента DD2.3, то импульсы подаются на вывод 5 микросхемы DD3.

Эта микросхема (К155ИЕ7) - параллельный реверсивный четырехразрядный двоичный счетчик, работающий в коде 1-2-4-8. Вход R0 служит для установки счетчика в нулевое состояние, вход C - для предварительной записи в счетчик информации, поданной на входы (на схеме они не показаны). В данном случае на вход C постоянно подается напряжение высокого уровня, а на вход R0 - низкого уровня. При подаче счетных импульсов на вход +1 происходит увеличение числа, записанного в счетчик (прямой счет); если же импульсы поступают на вход -1, то число в счетчике уменьшается (обратный счет).

Сигналы с четырех выходов счетчика поступают на входы дешифратора DD4 (К155ИД3). В любой момент на одном из выходов этого дешифратора имеется напряжение низкого уровня, причем номер этого выхода соответствует десятичному эквиваленту двоичного числа, поданного на вход дешифратора.

Рассмотрим работу светофора при прямом счете импульсов. Когда на выходе элемента DD2.3 напряжение высокого уровня, на выходе элемента DD2.2 - напряжение низкого уровня. Импульсы с генератора через DD1.4 поступают на вход +1 микросхемы DD3. При этом происходит увеличение числа, записанного в счетчик, и напряжение низкого уровня появляется последовательно на выходах микросхемы DD4. Пока напряжение низкого уровня присутствует на выводах 1, 2, ..., 7 микросхемы DD4, на выходе микросхемы DD5 -


C1 50 мк × 6 В
R3 1 К
R1* 10 К
VT1 КТ315Б
R2 510
DD1.1
DD1.2
DD1.3
DD1.4
DD2.1
DD2.2
DD2.3
DD3
CT2
DD4
DC
DD5
DD6
DD2.4
DD8.1
DD8.2
DD8.3
DD8.4
DD7.1
DD7.2
DD7.3
VT2–VT4 КТ315Б
VT2
VT3
VT4
R4 300
R5 300
R6 300
K1
K2
K3
VD1
VD2
VD3
C2 0,01 мк
5 В
DD1, DD2, DD8 К155ЛА3
DD3 К155ИЕ7
DD4 К155ИД3
DD5, DD6 К155ЛА2
DD7 К155ЛА4
К выв 14 DD1, DD2, DD3–DD8, выв 8 DD3, выв 24 DD4
К выв 7 DD1, DD2, DD5–DD8, выв 8 DD3, выв 12 DD4

а)

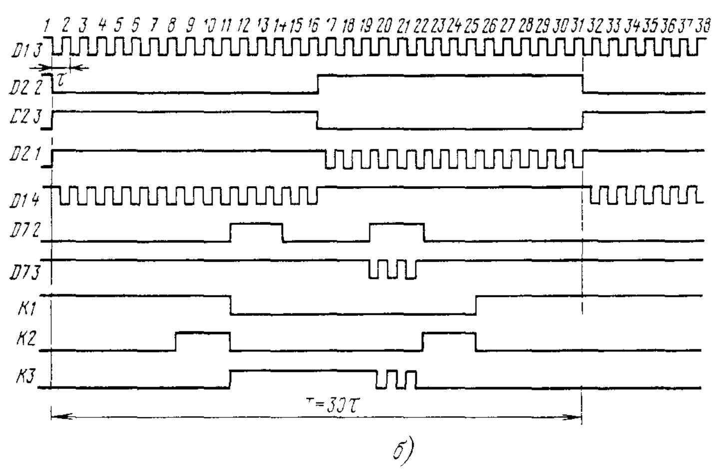


Рис. 34. Электронный светофор:
а - принципиальная схема, *б* - временные диаграммы работы

напряжение высокого уровня. В это время на выходе логического элемента DD8.1 имеется напряжение высокого уровня, срабатывает реле K1 и своими контактами K1 1 замыкает цепь питания лампы красного цвета (на схеме не показана) Лампы желтого и зеленого сигналов при этом не горят, так как на выходах элементов DD7.1 и DD8.4 - напряжение низкого уровня. При появлении напряжения низкого уровня на выводах 8, 9, 10 микросхемы DD4 на выводе элемента DD7 1 появится напряжение высокого уровня, сработает реле K2 и зажжется лампа желтого сигнала. Продолжает гореть и красный сигнал, так как на выходе элемента DD8.2 - напряжение низкого уровня, а на выходе элемента DD8 1 - по-прежнему напряжение высокого уровня (заметим: при обратном счете импульсов при напряжении низкого уровня на выводах 8,9,10 микросхемы DD4 на выходе элемента DD8.2 будет напряжение высокого уровня, поскольку RS-триггер DD2 2DD2 3 будет находиться уже в другом состоянии). При дальнейшем счете импульсов напряжение низкого уровня последовательно появляется на выводах 11, 13, ., 17 микросхемы DD4 В это время реле K1 и K2 отпустят, а реле K3 сработает, потому что на выходе микросхемы DD6 появится напряжение высокого уровня и на выходах элементов DD7 3 и DD8 4 - также напряжение высокого уровня. Горит лампа зеленого сигнала светофора. Когда напряжение низкого уровня появится на выводе 17 микросхемы DD4, RS-триггер переключится в противоположное состояние (см. импульс 16 временно́й диаграммы). Теперь импульсы будут поступать на вход -1 микросхемы DD3 и счет будет происходить в обратном направлении. Лампа зеленого сигнала

продолжает гореть. Когда напряжение низкого уровня появляется последовательно на выводах 14, 13 и 11 микросхемы DD4, зеленый сигнал "мигает". Это достигается подачей напряжения высокого уровня на выводы 9 и 10 элемента DD7.3 и импульсов с генератора на вывод 11 этого же элемента. При появлении напряжения низкого уровня на выводах 10, 9, 8 микросхемы DD4 сработает реле К2, а реле К3 отпустит. При дальнейшем счете импульсов загорится лампа красного сигнала. При появлении напряжения низкого уровня на выводе 1 микросхемы DD4 RS-триггер переключается, начинается прямой счет импульсов, и весь цикл работы автомата повторяется.

Частоту генератора, а следовательно, и время горения сигнальных ламп светофора можно изменять подбором резистора R1. Вместо микросхем серии К155 можно использовать аналоги из серий К133, КР531, К555. Все резисторы - МЛТ-0,25. Конденсатор С1 - оксидный К50-6, К50-16, К50-35; С2 - К10-7, КМ-6, К10-17. Транзисторы КТ315Б (VT1-VT4) можно заменить на КТ312, КТ315, КТ503 с любыми буквами. Реле К1-К3 - типа РЭС-22 (паспорт РФ4.500.129). Нормально разомкнутые контакты этих реле включают последовательно в цепи питания ламп светофора: К1.1 - с красной, К1.2 - с желтой, К3.1 - с зеленой. Использованы лампы напряжением 220 В и мощностью 25...60 Вт.

Для уменьшения обгорания контактов реле параллельно им следует включить искрогасящие цепи из последовательно соединенных резистора мощностью не менее 0,5 Вт и сопротивлением 100...200 Ом и конденсатора емкостью 0,1...0,5 мкФ на номинальное напряжение не менее 400 В. Для повышения помехоустойчивости работы микросхем лампы желательно питать постоянным напряжением. Еще лучше применить бесконтактную коммутацию ламп с помощью тиристоров, как это сделано в переключателе елочных гирлянд, описанном ниже. Тогда реле К1-К3 не понадобятся.

Источник питания должен быть рассчитан на ток не менее 300 мА.

Монтаж устройства выполнен на унифицированной печатной плате 2 (см. рис. 16,б): выводы элементов припаивают к контактным площадкам платы, а соединения делают одножильным изолированным проводом.

Правильно собранное устройство начинает работать сразу после включения и дополнительного налаживания не требует.

Подумайте, как можно превратить этот светофор в "мигалку"? Такие светофоры устанавливают на перекрестках с небольшим движением транспорта.

УСТРОЙСТВА БЫТОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Сторожевые устройства

Для защиты дачного участка от непрошенных гостей, для ограждения опасных объектов можно использовать сторожевое устройство.

Схема такого устройства (первый вариант) показана на рис. 35. Объект, нуждающийся в охране, окружают по периметру медным обмоточным проводом диаметром 0,1...0,3 мм. Этот охранный шлейф может быть прикреплен к забору или к вбитым в землю колышкам. Концы шлейфа подключают к электронному автомату через гнезда XS1. Пока шлейф не поврежден, через его небольшое сопротивление база транзистора VT1 соединена с эмиттером. В это время транзистор и тринистор VS1 закрыты, потребляемый устройством ток (около 100 мкА) определяется в основном сопротивлением резистора R1 и начальным током коллектора транзистора. При обрыве шлейфа на базу транзистора через резистор R1 подается отрицательное напряжение смещения, которое открывает транзистор. Через открывшийся транзистор и резистор R3 поступает положительное напряжение на управляющий электрод тринистора VS1.

Тринистор при этом открывается, срабатывает электромагнитное реле K1 и своими контактами (на схеме не показаны) включает звуковой сигнализатор, например электрический звонок. После устранения обрыва провода автомат устанавливают в исходное состояние (дежурный режим) кратковременным выключением питания (SA1).

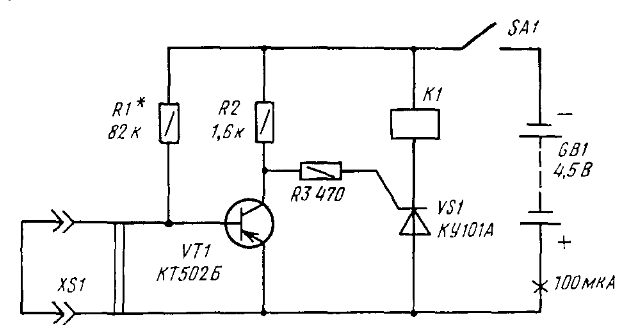


Рис. 35. Схема сторожевого устройства (первый вариант)

В устройстве можно применить транзистор из серий КТ203 КТ361. КТ502 со статическим коэффициентом передачи тока не менее 50. Тринистор может быть любым из серии КУ101. Электромагнитное реле К1 - типа РЭС-10 (паспорт РС4.524.304); батарея питания - 3336Л.

Налаживание устройства сводится к подбору резистора R1. Его сопротивление должно быть таким, чтобы при отключении шлейфа транзистор VT1 полностью открывался (напряжение между эмиттером и коллектором не более 0,5 В) и срабатывало реле, а при подключенным шлейфе транзистор был бы надежно закрыт. Сопротивление резистора зависит от статического коэффициента передачи тока используемого транзистора и сопротивления провода шлейфа: чем они больше, тем больше может быть сопротивление резистора R1 и, следовательно, выше экономичность устройства.

На рис. 36,а приведена схема второго варианта сторожевого устройства, которое обладает еще большей экономичностью: потре-

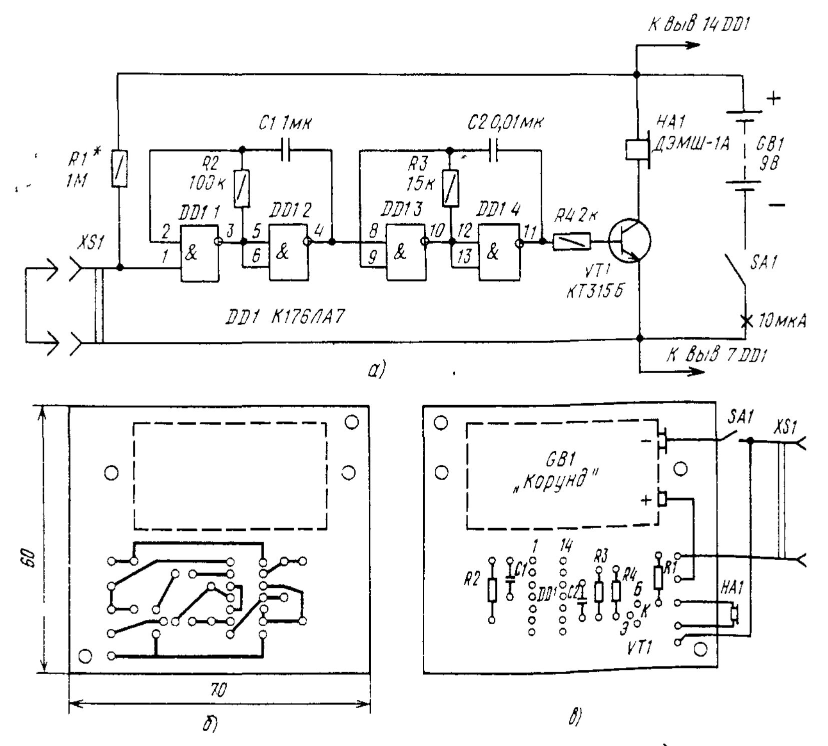


Рис. 36. Сторожевое устройство (второй вариант):

а - принципиальная схема, *б* - расположение печатных проводников. *в* - расположение деталей на плате

бляемый в дежурном режиме ток не превышает 10 мкА, т. е. срок службы батареи питания определяется в основном ее саморазрядом. Это оказалось возможным благодаря применению высокоэкономичной микросхемы серии К176.

Работа этого сторожевого устройства, как и предыдущего, основана на выдаче тревожного сигнала при обрыве провода, которым окружают охраняемый объект. Этот охранный шлейф через двухконтактное гнездо XS1 включен между общим проводом питания и одним из входов логического элемента DD1.1. Вместе с логическим элементом DD1.2, резистором R2 и конденсатором С1 он образует генератор импульсов с частотой 2...3 Гц, а на элементах DD1.3, DD1.4, R3 и С2 собран генератор импульсов звуковой частоты (около 800 Гц). Транзистор VT1 выполняет роль усилителя мощности.

Пока шлейф не поврежден, генераторы не работают, так как на выводе 1 микросхемы присутствует напряжение низкого уровня. При обрыве охранного шлейфа начинают работать оба генератора и в телефоне НА1 слышны прерывистые звуковые сигналы. В этом режиме устройство потребляет от батареи ток около 5 мА.

Транзистор VT1 может быть любым из серий КТ312, КТ315, КТ3117, КТ503; конденсаторы С1, С2 - типа КМ-6 или К10-23; резисторы - МЛТ-0,25. В качестве звукового излучателя применен микрофонный капсюль ДЭМШ-1А с сопротивлением обмотки постоянному току 180 0м. Можно использовать и другие звуковые излучатели, имеющие достаточную громкость и сопротивление не менее 100 0м. Выключатель питания SA1 - типа "тумблер" (ТП1-2, МТ1-1 и др.). Батарея GB1 - "Крона-ВЦ" или "Корунд".

Все детали сторожевого устройства, кроме выключателя SA1 и звукового излучателя НА1, смонтированы на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита (рис. 36,б,в). Батарея GB1 укреплена с помощью хомутика из жести. Плату можно поместить в любой корпус, например в пластмассовую мыльницу.

Если устройство собрано из исправных деталей и в монтаже нет ошибок, то оно начнет работать сразу. Однако может оказаться, что при обрыве провода звуковой сигнал не подается. Это может быть в том случае, если длина провода шлейфа велика и он плохо изолирован от различных токопроводящих предметов (влажного дерева, земли и пр.). При этом следует уменьшить сопротивление резистора R1; однако необходимо помнить, что чем меньше сопротивление этого резистора, тем хуже экономичность устройства.

Рассмотренные выше сторожевые устройства удобно применять для охраны объектов, где нет постоянного движения, приводящего к периодическому замыканию и размыканию защитных контактов.

Именно это имеет место в квартирах. Поэтому для охраны квартир и других аналогичных объектов с периодическим открыванием и закрыванием двери специально было разработано устройство охранной сигнализации, схема которого представлена на рис. 37 (третий вариант). Рассмотрим работу такого устройства.

Контакты охранного датчика обозначены на схеме SA1. При закрытой двери эти контакты замкнуты, при открытой - разомкнуты. Выключатель SA2 определяет режим работы устройства: "Блокировка" или "Охрана". В режиме "Блокировка", когда контакты выключателя SA2 замкнуты, тревожный сигнал устройства не зазвучит независимо от положения контактов датчика SA1. В этом режиме устройство находится, когда хозяева в квартире, и приходится часто открывать дверь (хотя на ночь устройство можно переключать в режим охраны).

Допустим, что на элементы устройства подано питание, контакты датчика SA1 и выключателя SA2 находятся в показанном на схеме положении. На выводе 11 микросхемы DD1, который является выходом RS-триггера, выполненного на логических элементах DD1.2, DD1.3, в этом случае действует напряжение низкого уровня. На логических элементах DD2.3, DD2.4 собран генератор частотой около 1 Гц для формирования прерывистого тревожного сигнала, а на логических элементах микросхемы DD3 - генератор звукового сигнала. Оба генератора заторможены, поскольку на выходе логического элемента DD2.2 - напряжение низкого уровня.

Если в таком режиме (режиме блокировки) разомкнуть контакты датчика SA1, то состояние RS-триггера не изменится, так как на выводе 2 логического элемента DD1.1 действует по-прежнему напряжение низкого уровня.

При уходе из помещения контакты выключателя SA2 размыкают- устройство переводится, в режим охраны. При этом начинается

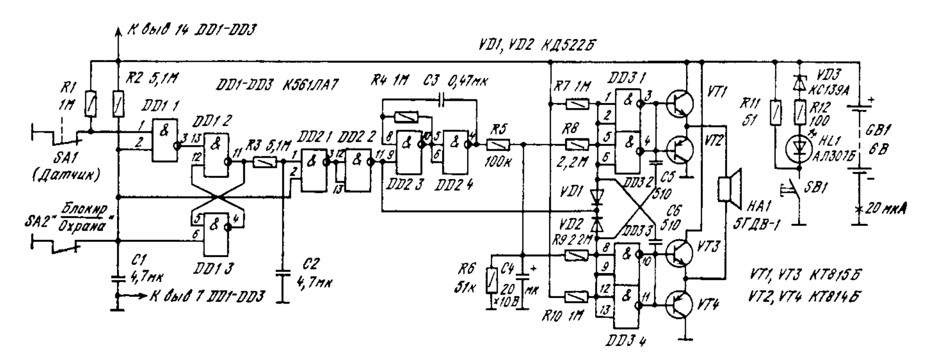


Рис. 37. Сторожевое устройство (третий вариант)

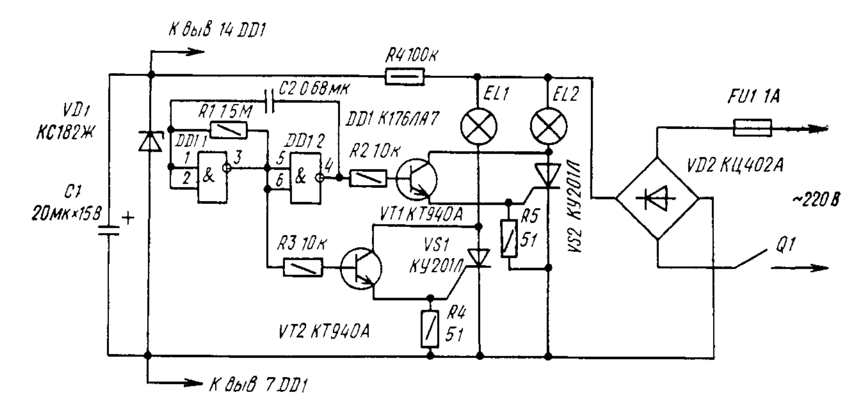


Рис. 38. Простейший переключатель двух гирлянд

зарядка конденсатора С1 через резистор R2. Пока конденсатор не зарядится до напряжения, равного напряжению переключения логического элемента DD1.1 по выводу 2, - можно открывать дверь, размыкая контакты датчика SA1 - RS-триггер не изменит своего состояния. Длительность задержки выбрана равной 15...20 с - за это время нужно выйти из помещения и закрыть дверь, возвратив контакты датчика SA1 в исходное состояние. Когда конденсатор С1 зарядится до нужного напряжения, устройство перейдет в режим охраны. Если теперь открыть дверь, то размыкание контактов датчика SA1 вызовет появление на выводе 1 логического элемента DD1.1 напряжения высокого уровня. Поскольку на выводе 2 этого элемента также напряжение высокого уровня, на выходе элемента DD1.1 появится напряжение низкого уровня, что приведет к переключению RS-триггера в противоположное состояние, соответствующее напряжению высокого уровня на выводе 11 логического элемента DD1.2. Возврат контактов датчика в. исходное положение не изменит состояния RS-триггера. Если в помещение вошел хозяин, то он возвратит RS-триггер в исходное положение изменением положения контактов SA2, т. е. их замыканием. Если же в помещение проник человек, не знающий о наличии охранной сигнализации, то он только закроет дверь.

Напряжение высокого уровня с вывода 11 элемента DD1.2 через резистор R3 будет заряжать конденсатор С2. Через некоторое время напряжение на конденсаторе С2 достигнет такого значения, которое логический элемент DD2.1 будет воспринимать как напряжение высокого уровня (по выводу 1). Поскольку на выводе 2 этого элемента тоже имеется напряжение высокого уровня, на выходе логического элемента DD2.1 появится напряжение низкого уровня, а

на выходе элемента DD2.2 - высокого уровня. Заработают оба генератора, и звуковой излучатель HA1 будет выдавать тревожный прерывистый сигнал. Этот сигнал будет звучать до тех пор, пока не замкнут контакты SA2 (но непрошеный о них не знает), либо до полного разряда батареи GB1.

Временна́я задержка, обеспечиваемая цепью R3C2, необходима для того, чтобы при входе хозяина в квартиру он успел включить режим блокировки и исключил тем самым возникновение тревожного сигнала.

Для получения максимально возможной мощности в излучателе HA1 при заданном его сопротивлении и при заданном напряжении батареи GB1 использован мостовой усилитель, выполненный на транзисторах VT1-VT4. Частота звукового сигнала, определяемая резисторами R8, R9 и конденсаторами C5, C6, выбрана равной примерно 2...3 кГц для обеспечения наилучшей слышимости.

Светодиод HL1 необходим для визуального контроля напряжения питающей батареи GB1. При нажатии кнопки SB1 параллельно батарее подключается нагрузочный резистор R11. Если под нагрузкой напряжение батареи меньше 5,4...5,6 В, то стабилитрон VD3 не входит в режим стабилизации и светодиод не загорается. Контроль батареи следует проводить каждые 3-4 дня.

О деталях устройства. Микросхемы серии К561 можно попробовать заменить микросхемами серии К176 - как правило, они работают при напряжении 6 В. Конденсаторы C1, C2 - типа К73-17 либо оксидные К53-1, К53-4. Основное требование к ним–малый ток утечки. Конденсаторы C3, C5, C6 - типов КМ-6, К10-7В, К73-17, C4 - К50-6, К50-16, К50-12, К50-24. Транзисторы VT1-VT4 могут быть типов КТ814, КТ815 либо соответственно КТ816, КТ817 с любыми буквами. Коэффициент передачи тока их должен быть не менее 60...70. Диоды VD1, VD2 - типов КД521, КД522, КД509, КД510, КД102 с любыми буквами. Датчик SA1 - любой нормально замкнутый контакт, например от реле РСМ, РКН или на основе геркона и магнита, например СМК-1. Выключатель SA2 - типа П2К, МТ1 (с фиксацией). Кнопка SB1 - типа П2К (без фиксации), КМ1-1. Излучатель HA1 кроме указанного на схеме может быть типа 2ГД36, 4ГД8Е, а также любой другой с сопротивлением катушки 4...12 0м и с возможно большим звуковым давлением. В качестве батареи GB1 использованы четыре гальванических элемента 316, соединенные последовательно. Ток, потребляемый устройством в режиме ожидания, не превышает 20 мкА, поэтому одного комплекта источника питания хватает на один год непрерывной работы.

Бо́льшая часть элементов смонтирована на печатной плате и заключена в подходящий корпус. Динамическая головка HA1 должна

быть расположена на лестничной клетке и закрыта металлическим щитом с отверстиями, так чтобы доступ к ней был затруднен. Корпус устройства следует располагать в потайном месте. Проводку к излучателю HA1 также нужно выполнить скрытно, чтобы исключить возможность ее повреждения.

Переключатели елочных гирлянд

Накануне Нового года многих радиолюбителей волнует вопрос: как оживить новогоднюю елку? Ниже предлагаются несколько вариантов переключателей елочных гирлянд, различающихся по степени сложности и реализуемым световым эффектам.

Простейший переключатель поочередно коммутирует две гирлянды (рис. 38). На логических элементах DD1.1, DD1.2 выполнен генератор, а на транзисторах VT1, VT2 собраны высоковольтные ключи для управления тринисторами VS1, VS2. Питание на микросхему подается от параметрического стабилизатора R4VD1 с конденсатором C1. Постоянное напряжение как для микросхемы DD1, так и для ламп гирлянд EL1, EL2 снимается с выпрямительного моста VD2.

Для создания эффекта "Бегущий огонь" необходимо поочередно переключать не менее трех гирлянд. Схема переключателя (первый вариант), управляющего тремя гирляндами, представлена на рис. 39. Основу устройства составляет трехфазный мультивибратор, выполненный на трех инвертирующих логических элементах микросхемы

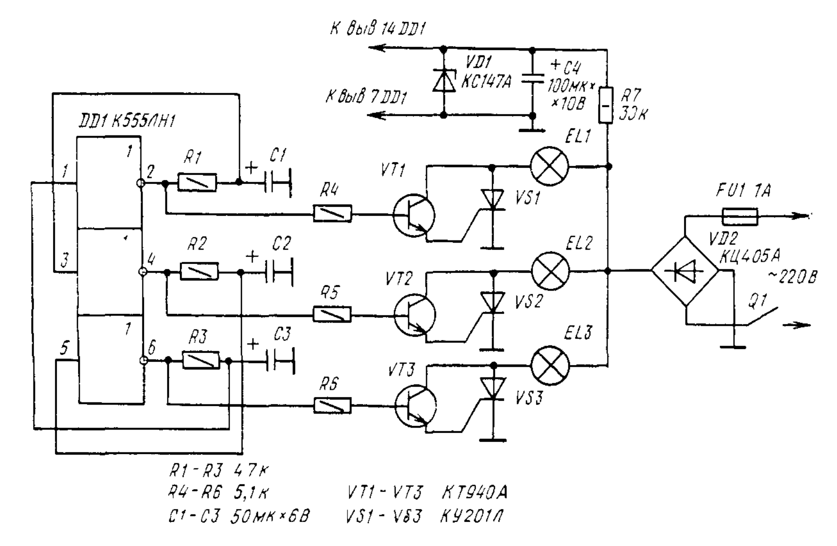


Рис. 39. Схема переключателя трех гирлянд (первый вариант)

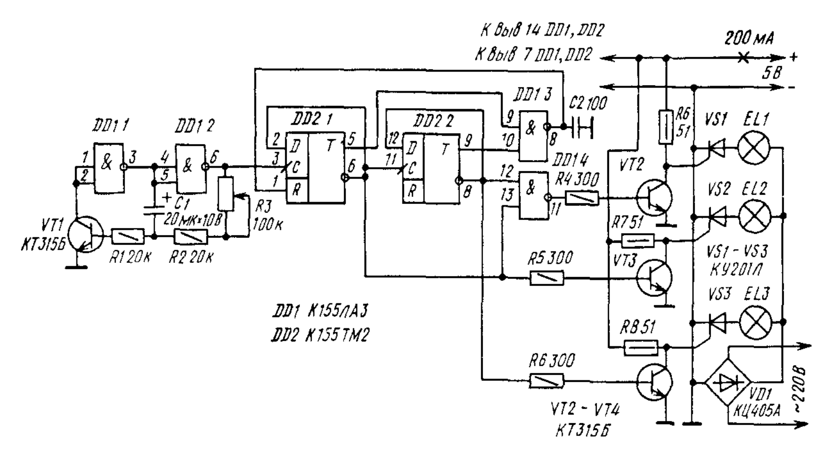


Рис. 40. Схема переключателя трех гирлянд (второй вариант)

DD1. Времязадающие цепи образованы элементами R1-R3, C1-C3. В любой момент на одном из выходов логических элементов имеется напряжение высокого уровня, которое открывает транзисторно-тринисторный ключ. Следовательно, одновременно светятся лампы только одной гирлянды. Поочередное переключение ламп гирлянд EL1-EL3 позволяет получить эффект "Бегущий огонь".

В мультивибраторе могут работать инверторы микросхем серий К555 и К155. Во втором случае сопротивления резисторов R1-R3 не должны превышать 1 кОм. Можно использовать и КМОП-микросхемы (К176. К561), при этом сопротивления времязадающих резисторов можно будет увеличить в 100. .1000 раз, а емкости конденсаторов C1-C3 во столько же раз уменьшить.

Изменение частоты переключения гирлянд можно производить изменением сопротивления резисторов R1-R3. Одновременно управлять ими затруднительно (строенных переменных резисторов для широкого применения промышленность не выпускает). Это является недостатком данного переключателя гирлянд.

На рис. 40 приведена схема переключателя гирлянд (второй вариант) с регулируемой скоростью движения "Бегущего огня".

Как работает это устройство? На логических элементах DD1.1, DD1.2 собран генератор прямоугольных импульсов, частота следования которых составляет 0,2...1 Гц. Импульсы поступают на вход счетчика, состоящего из двух D-триггеров DD2.1 и DD2.2 микросхемы DD2. Благодаря наличию обратной связи между элементом DD1.3 и входом R триггера DD2 1 счетчик имеет коэффициент пересчета 3 и в любой момент закрыт один из транзисторов VT2-VT4. Если, допустим, закрыт VT2, то положительное напряжение с

его коллектора будет подано на управляющий электрод тринистора VS1, тринистор откроется и загорятся лампы гирлянды EL1. Частоту переключения регулируют переменным резистором R3 генератора.

В устройстве микросхемы серии К155 можно заменить соответствующими аналогами из серии К133. Транзисторы VT1-VT4 могут быть из серий КТ315, КТ3117, КТ603, КТ608 с любыми буквами. Тринисторы VS1-VS3 могут быть типов КУ201, КУ202 с буквами К-Н.

Источник, питающий микросхемы и транзисторы устройства, должен быть рассчитан на ток не менее 200 мА.

Недостатком переключателя является необходимость применения трансформаторного блока питания. Это обусловлено сравнительно большим током, потребляемым микросхемами К155ЛА3 и К155ТМ2. Существенно уменьшить ток потребления можно, применив КМОП-микросхемы, в этом случае питание микросхем может осуществляться от простейшего параметрического стабилизатора, как это сделано в переключателе двух гирлянд (см рис. 38).

Схема переключателя трех гирлянд (третий вариант) на микросхемах серии К561 представлена на рис. 41,а. Генератор выполнен на логических элементах DD1.1, DD1.2, а счетчик с коэффициентом

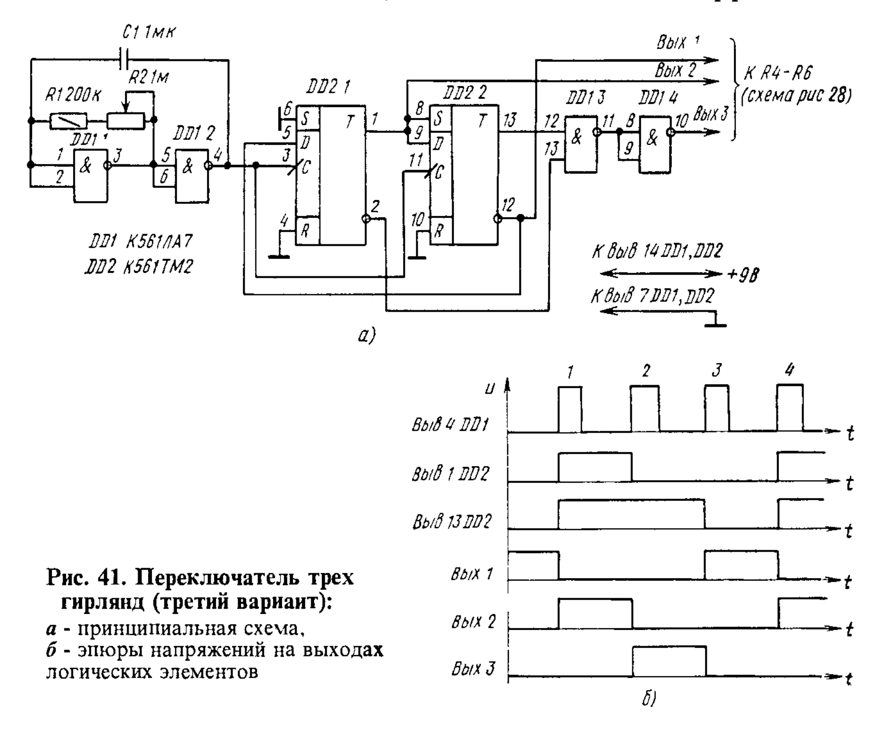


Рис. 41. Переключатель трех гирлянд (третий вариант):
а - принципиальная схема,
б - эпюры напряжений на выходах логических элементов

пересчета 3 - на двух D-триггерах микросхемы DD2. Эпюры напряжений на выходах логических элементов показаны на рис. 41,б. Они помогут понять логику работы устройства. Транзисторно-тринисторные ключи для управления гирляндами, выпрямитель и стабилизатор для питания микросхем - такие же, как и в переключателе по схеме рис. 39 (в качестве стабилитрона VD1 в этом случае нужно использовать КС191Ж или Д814В).

У описанных выше устройств "Бегущего огня" есть общий недостаток: неизменность логики работы. Лампы в гирляндах переключаются только в установленном порядке, изменять можно лишь частоту переключения. В то же время желательно, чтобы иллюминация была как можно более разнообразной, не надоедала и не утомляла зрение. Это означает, что должна быть предусмотрена возможность изменения не только продолжительности горения ламп, но и очередности их переключения.

На рис. 42 приведена схема переключателя гирлянд, отвечающего этим условиям.

"Сердцем" устройства является микросхема К155РУ2 - оперативное запоминающее устройство на 16 четырехразрядных слов (под словом в данном случае понимается совокупность логических нулей и единиц, например 0110, 1101 и т. д.) Как действует такая микросхема? Ее четыре входа (D1-D4) предназначены для подачи информации, которую нужно записать в память. Эти входы называются информационными. На четыре других входа (A1-A4) подают двоичный код адреса ячейки, которую требуется выбрать для записи или считывания информации. Эти входы называют адресными. Изменяя двоичный код на этих входах от 0000 до 1111, можно обратиться к любой из 16 ячеек. Подавая сигнал на вход W, выбирают нужный режим работы микросхемы: если на входе W напряжение низкого уровня, то производится запись в ячейку, а если напряжение высокого уровня, то можно считывать информацию, хранящуюся в ячейках памяти микросхемы. При считывании информация поступает на выходы С1-С4. Выходы у микросхемы - с открытым коллектором, причем если в ячейке памяти записана логическая 1, то соответствующий транзистор выхода будет открыт (разумеется, в его коллекторную цепь должна быть включена нагрузка - резистор).

Таким образом, для записи числа в какую-либо ячейку памяти необходимо подать на входы D1-D4 соответствующие логические уровни, а на входы A1-A4 - двоичный код адреса требуемой ячейки. Затем на вход W подают напряжение низкого уровня - и информация записана. Для считывания информации необходимо подать на вход W напряжение высокого уровня. Тогда при смене кода адреса на

Рис. 42. Схема переключателя гирлянд с микросхемой памяти

выходах C1-C4 будут появляться сигналы, соответствующие содержимому соответствующих ячеек.

Вход V служит для разрешения работы микросхемы: при подаче на него напряжения высокого уровня запись и считывание не производятся.

Рассмотрим работу переключателя по его принципиальной схеме. С помощью кнопок SB6 "Пуск" и SB7 "Сброс" устанавливают требуемый режим работы устройства: после нажатия кнопки "Сброс" можно производить запись программы в ячейки памяти микросхемы, а после нажатия кнопки "Пуск" происходит считывание записанной программы.

При нажатии на кнопку SB7 "Сброс" RS-триггеры, собранные на логических элементах DD1.1 и DD1.2, DD1.3 и DD1.4, DD2.1 и DD2.2, DD2.3 и DD2.4, DD4.1 и DD4.2, установятся в исходное состояние, при котором на выходах логических элементов DD1.1, DD1.3, DD2.1, DD2.3 и DD4.1 - напряжение низкого уровня. Поступая на вывод 12 логического элемента DD4.4, оно запрещает работу тактового генератора, собранного на логических элементах DD4.3, DD4.4 и транзисторе VT1.

Затем с помощью кнопок SB1-SB4 набирают двоичное слово для записи в первую ячейку памяти. Допустим нам требуется записать 0111. Для этого нужно нажать кнопки SB2, SB3, SB4. При этом триггеры DD1.3DD1.4, DD2.1DD2.2, DD2.3DD2.4 переключатся и зажгутся светодиоды HL2, HL3, HL4. После этого нажимают кнопку SB5 "Запись". Импульс с выхода триггера (вывод 3 логического элемента DD3.1) через дифференцирующую цепь C2R13 и логический элемент DD3.3 поступает на вход W микросхемы памяти DD6. Дифференцирующая цепь C2R13 и логический элемент DD3.3 работают таким образом, что после нажатия кнопки SB5 "Запись" на вход W поступает короткий (длительностью несколько наносекунд) отрицательный импульс, который обеспечивает запись информации, поданной на информационные входы D1-D4 по адресу в соответствии с двоичным кодом на адресных входах A1-A4. В момент отпускания кнопки SB5 "Запись" импульс с выхода логического элемента DD3.1 через конденсатор C1 установит в исходное состояние все RS-триггеры, в которые было предварительно записано двоичное слово. Импульс, поступивший с выхода логического элемента DD3.4 на вход C1 двоичного счетчика DD5, увеличит на единицу адрес (двоичный код которого снимается с выводов 12, 9, 8 и 11 рассматриваемой микросхемы). Заметим, что установка в исходное состояние счетчика адреса DD5 не производится (выводы 2 и 3 для обеспечения счетного режима соединены с общим проводом).

После этого кнопками SB1-SB4 набирают новое двоичное слово программы, нажимают кнопку SB5 "Запись" и т. д. - пока в микросхему памяти не будет записана вся программа из 16 четырехразрядных двоичных слов. После того как программа записана, нажимают кнопку SB6 "Пуск", триггер DD4.1 DD4.2 изменяет свое состояние на противоположное, начинает работать генератор на логических элементах DD4.3, DD4.4, импульсы которого поступают на счетчик DD5 и изменяют код адреса ячейки. На входе W теперь все время находится логическая 1, поскольку на выходе логического элемента DD4.2 - логический 0, который подается на вход логического элемента DD3.3. На выходах C1-C4 микросхемы К155РУ2 появляются логические уровни, соответствующие записанной в ячейках памяти информации. Сигналы с выходов C1-C4 усиливаются транзисторными ключами VT2-VT5 и затем поступают на управляющие электроды тринисторов VS1-VS4. Тринисторы управляют четырьмя гирляндами ламп, условно обозначенными на схеме EL1-EL4. Допустим, что на выходе C1 микросхемы DD6 имеется логический 0. В этом случае транзистор VT2 закрыт, через резистор R21 и управляющий электрод тринистора VS1 протекает ток, тринистор открывается и зажигает лампы гирлянды EL1. Если же на выходе C1 логическая 1, то лампы EL1 гореть не будут.

Микросхемы устройства питаются от стабилизированного выпрямителя, собранного на диодном мосте VD2-VD5, стабилитроне VD1 и транзисторе VT6. Лампы гирлянд EL1-EL4 питаются выпрямленным напряжением, снимаемым с диодного моста VD6-VD9. Для отключения гирлянд служит выключатель Q2, для отключения от сети остальных элементов устройства-выключатель Q1.

В устройстве применены следующие детали. Транзисторы VT2-VT5 могут быть любыми из серий КТ3117, КТ503, КТ603, КТ608, КТ630, КТ801; VT1 - любой из серий КТ503, КТ312, КТ315, КТ316; VT6 - любой из серий КТ801, КТ807, КТ815. Тринисторы КУ201Л (VS1-VS4) можно заменить на КУ202 с буквами К-Н. Диоды VD2-VD5 помимо указанных могут быть типов Д310, КД509А, КД510А; можно также использовать мостовые выпрямители КЦ402, КЦ405, КЦ407 (с любыми буквенными индексами).

Диоды КД202К (VD6-VD9) можно заменить на КД202 с буквами Л-Р, а также на Д232, Д233, Д246, Д247 с любыми буквами. Конденсаторы C1, C2 - типа К10-7, К10-23, КЛС или КМ-6; C3-C5 - К50-6, К50-16 или К50-20. Все постоянные резисторы - типа МЛТ; переменный резистор R16 - СП-1, СП-0,4. В устройстве можно использовать кнопки типа КМ1-1 или КМД1-1. Можно также

использовать кнопки других типов (например, П2К без фиксации положения). Выключатели Q1 и Q2 - типа "тумблер" (ТВ2-1, ТП1-2, Т1, МТ1 и др.). Трансформатор питания 01 выполнен на ленточном магнитопроводе ШЛ16×20. Обмотка I содержит 2440 витков провода ПЭВ-1 0,08, обмотка II - 90 витков провода ПЭВ-1 0,51. Можно использовать и любые другие трансформаторы мощностью 10...20 Вт, имеющие вторичную обмотку на напряжение 8...10 В и ток 0,5...0,7 А. Подойдут трансформаторы ТВК-70Л2, ТВК-110ЛМ, у которых часть витков вторичной обмотки должна быть удалена для получения нужного напряжения.

Бóльшая часть элементов устройства смонтирована на текстолитовой плате с размерами 120×145 мм (рис. 43,а). Монтаж выполнен

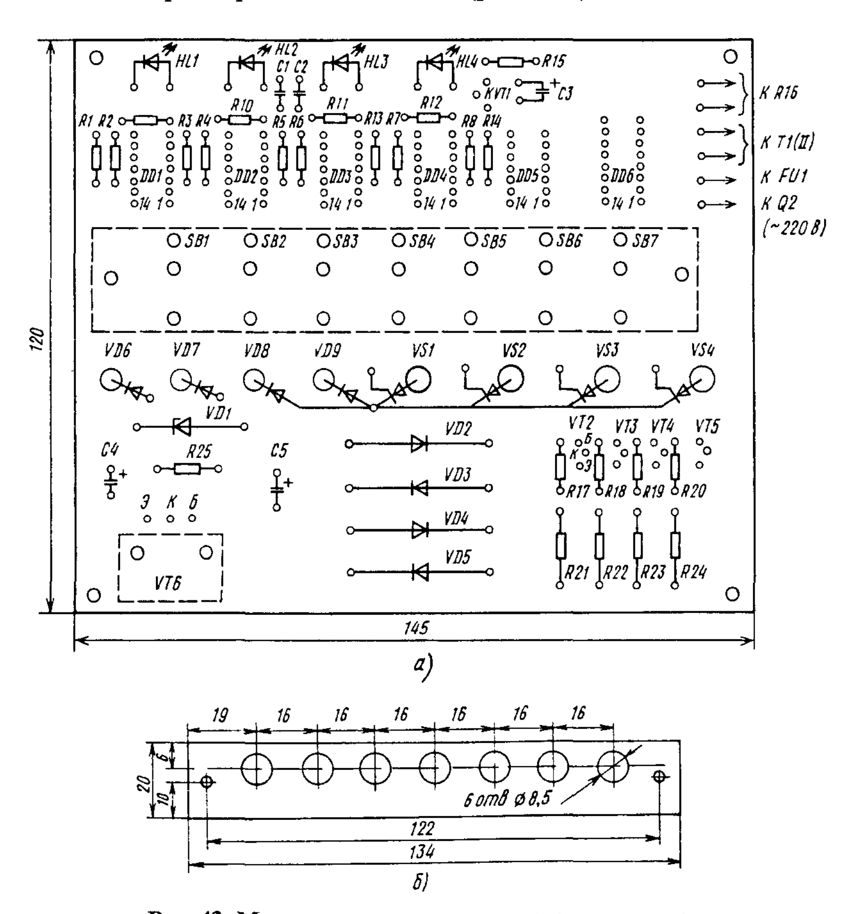


Рис. 43. Монтажная плата переключателя гирлянд:
а - расположение элементов на плате; *б* - планка для установки кнопок **SB1- SB7**

проводами. Транзистор VT6 установлен на дюралюминиевом уголке площадью около 30 см^2 (он служит радиатором). Диоды VD6-VD9 и тринисторы VS1-VS4 установлены на плате без радиаторов, при этом суммарная мощность переключаемых ламп не должна превышать 500 Вт. Кнопки SB1- SB7 (типа КМ1-1) установлены на планке из текстолита (рис. 43,б), которая крепится к основной плате двумя винтами М3.

За пределами платы находятся следующие элементы: трансформатор питания T1, держатель предохранителя FU1, выключатели питания Q1 и Q2, переменный резистор R16. Элементы платы соединены с ними многожильным проводом. Провода, соединяющие аноды тринисторов VS1-VS4 с лампами EL1-EL4, припаяны непосредственно к лепесткам тринисторов.

Сечение проводов, которыми выполнены силовые цепи, должно быть не менее 1 мм^2.

Конструкция устройства произвольная. На верхней крышке корпуса должны быть расположены кнопки SB1-SB7, выключатели питания Q1 и Q2, светодиоды контроля записи программы HL1-HL4, а также ручка переменного резистора R16, с помощью которого изменяют скорость переключения гирлянд. На боковой стенке корпуса установлены держатель предохранителя FU1 и гнезда для подключения гирлянд (на схеме они не показаны).

Если все детали исправны и в монтаже нет ошибок, то устройство начинает работать сразу. Следует отметить, что достигаемые световые эффекты во многом зависят от взаимного расположения ламп гирлянд. Наиболее распространенным является такое их расположение, когда за лампой первой гирлянды следует лампа второй гирлянды, затем третьей, четвертой и т. д. На рис. 44 показана схема такого включения ламп.

Программирование переключателя ведут следующим образом. Вначале на бумаге составляют программу, представляющую собой запись состояния ламп всех четырех гирлянд в каждом из 16 тактов

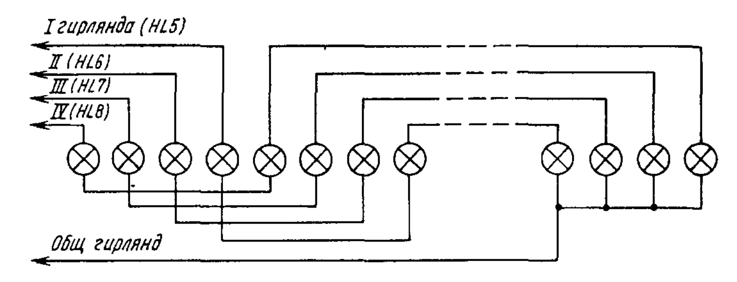


Рис. 44. Схема включевия ламп в гирляндах

работы устройства. Включенное состояние гирлянды обозначают логической 1, выключенное - логическим 0. Затем нажатием кнопки SB7 "Сброс" устанавливают микросхемы устройства в исходное состояние. После этого последовательным нажатием кнопок SB1-SB4 набирают первое слово программы, обращая внимание на зажигание светодиодов HL1-HL4, и нажимают кнопку SB5 "Запись". Так производят запись информации во все 16 ячеек микросхемы. Затем нажимают кнопку SB6 "Пуск" - переключатель переходит в рабочий режим.

При программировании следует помнить, что информация должна быть записана во все 16 ячеек памяти микросхемы, поскольку при включении питания состояние этих ячеек оказывается неопределенным.

В табл. 3 показаны некоторые варианты программирования переключателя гирлянд для получения разнообразных световых эффектов. Логические 1 в каждом слове слева направо показывают, какие из кнопок SB1-SB4 соответственно следует нажать.

Первая и вторая программы обеспечивают эффект "бегущего огня", остальные программы - более сложные эффекты. Число программ, которые можно реализовать с помощью данного устройства, велико, и это открывает простор для фантазии оператора. Следует также помнить, что изменение скорости переключения гирлянд открывает широкие возможности для получения различных световых эффектов.

Суммарная мощность ламп, переключаемых устройством, может быть увеличена до 1500 Вт, при этом диоды VD6-VD9 должны быть установлены на радиаторы площадью 40...50 см^2 каждый.

Если в распоряжении радиолюбителя имеются симметричные тиристоры (симисторы) серии КУ208Г, их также можно использовать для управления лампами гирлянд. Подключать симисторы следует в соответствии со схемой, представленной на рис. 45

Таблица 3

Номер программы	Содержание двоичных слов программы
1	1000, 0100, 0010, 0001, 1000, 0100, 0010, 0001, 1000, 0100, 0010, 0001, 1000, 0100, 0010, 0001
2	0111, 1011, 1101, 1110, 0111, 1011, 1101, 1110, 0111, 1011, 1101, 1110, 0111, 1011, 1101, 1110
3	1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 0100, 0100, 0100, 0100, 0010, 0010, 0010, 0001. 0001. 0000, 0000
4	1000, 0000, 0000, 0100, 0000, 0000, 0010, 0000, 0000, 0001, 0000, 0000, 1111, 1111, 0000, 0000
5	1000, 0100, 0010, 0001, 0010, 0100, 1000, 0100, 0010, 0001, 0010, 0100, 1000, 0100. 0100, 0001

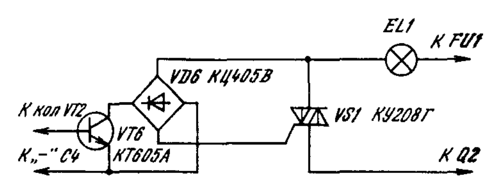


Рис. 45. Коммутация ламп симистором

(изображена схема только одного канала, остальные-аналогичные). Сопротивления резисторов R21-R24 (см. рис. 42) в этом случае необходимо увеличить до 1...3 кОм. Транзисторы КТ605А можно заменить на КТ605Б, КТ940А, диодные мосты VD6 могут быть КЦ402, КЦ405 с буквами А, Б, Ж, И.

Второй вариант симисторного узла коммутации представлен на рис. 46. Его отличие от предыдущего в том, что транзисторные ключи VT2-VT5 с резисторами R21-R24 (см. рис. 42) заменены инвертирующими логическими элементами микросхемы DD7 (резисторы R17-R20 в схеме рис. 42 при этом сохраняются). Такое схемное решение несколько упрощает конструкцию.

Узел управления симисторами можно сделать еще более простым, если использовать электромагнитные реле (рис. 47). Обмотки реле, как видно из схемы, включены вместо резисторов R21-R24. В переключателе могут работать любые реле, срабатывающие от напряжения 8...12 В при токе до 100 мА, например РЭС-10 (паспорта РС4.524.303, РС4.524.312), РЭС-15 (паспорта РС4.591.003, РС4.591.004, РС4.591.006), РЭС-47 (паспорта РФ4.500.049, РФ4.500.419), РЭС-49 (паспорт РС4.569.424). Кроме простого схемного решения имеется еще одно преимущество - гальваническая развязка низковольтной части устройства от сети питания, что увеличивает безопасность пользования переключателем. Недостатком же является меньший срок службы, вызванный износом контактов реле.

И в заключение еще одна рекомендация. При выключении напряжения сети питания (даже кратковременном - несколько

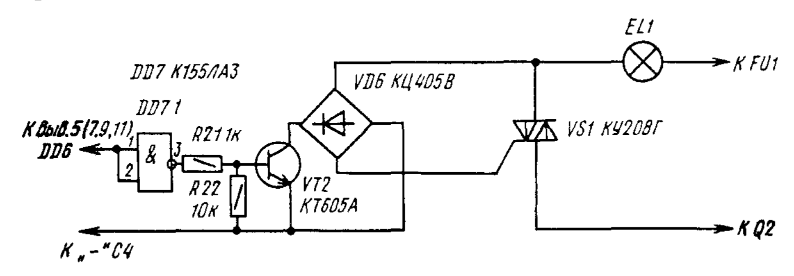
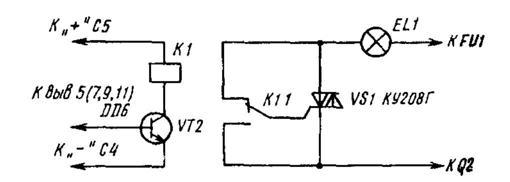
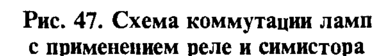


Рис. 46. Второй вариант коммутации ламп симистором




Рис. 47. Схема коммутации ламп с применением реле и симистора

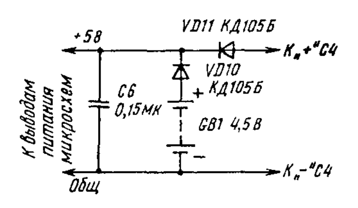


Рис. 48. Схема аварийного питания микросхем от батареи

секунд) разрушается программа, записанная в микросхему памяти. Поэтому целесообразно предусмотреть аварийное переключение цепей питания микросхем устройства на питание от гальванической батареи или аккумулятора. Схема, позволяющая реализовать это, показана на рис. 48.

В нормальном режиме микросхемы переключателя питаются от выпрямителя, и ток протекает через диод VD11. Диод VD10 при этом закрыт, поскольку к нему приложено небольшое (0,5...1 В) обратное напряжение. При отключении сетевого питания закрывается диод VD11, но открывается диод VD10, и питание микросхемы осуществляется от батареи GB1. Конденсатор С6 гасит импульсы напряжения, которые возникают в моменты переключения питания с сетевого на батарейное и наоборот, и таким образом повышает помехоустойчивость устройства. Диоды VD10, VD11 могут быть любого типа, допускающие ток не менее 300 мА (например, подойдут Д226, КД105 с любыми буквами). Батарея GB1 - 3336Л. При использовании в переключателе этого узла следует обратить внимание на выходное напряжение выпрямителя: оно должно составлять 5...5,5 В (но не менее 5 В), в противном случае может происходить постоянная разрядка батареи GB1. Продолжительность питания от батареи зависит от ее емкости. При длительных пропаданиях напряжения в сети (более 15...20 мин) такое аварийное питание нецелесообразно, поскольку лампы гирлянд все равно не работают, а новую программу можно набрать всего лишь за 3...5 мин.

Реле выдержки времени

Реле выдержки времени применяют для включения на какое-то определенное время нагрузки, например лампы фотоувеличителя, электроплитки и др.

Простое реле времени, рассчитанное на включение нагрузки на несколько десятков секунд, можно собрать по схеме рис. 49.

В реле времени использован однопереходный транзистор VT1. Что он представляет собой?

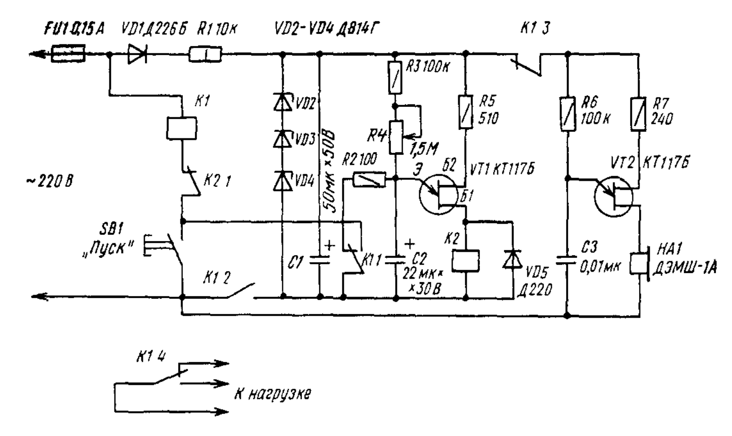


Рис. 49. Схема реле времени на однопереходном транзисторе

Однопереходный транзистор имеет три вывода: две базы и один эмиттер. Вывод, соединенный с реле К2, называют выводом первой базы, а вывод, соединенный с резистором R5, - выводом второй базы. Эмиттер и база Б1 образуют единственный в транзисторе *р-n* переход, отсюда и название прибора.

Участок между базами образован кремниевой пластиной *n*-типа и имеет линейную вольт-амперную характеристику, т. е. ток через этот участок прямо пропорционален приложенному межбазовому напряжению. При отсутствии напряжения на эмиттере (измеренного относительно базы Б1) *р-n* переход находится в закрытом состоянии. При подаче определенного положительного напряжения на эмиттер переход включается в прямом направлении. Соответствующее напряжение эмиттера называют напряжением включения. Сопротивление *р-n* перехода при включении уменьшается в сотни раз, а ток становится достаточным для включения, например, в нашем случае электромагнитного реле К2. При уменьшении эмиттерного напряжения переход возвращается в закрытое состояние. Процесс переключения однопереходного транзистора носит лавинообразный характер (т. е. сопротивление перехода изменяется скачком), что и позволяет широко использовать однопереходный транзистор в различных устройствах.

Итак, познакомившись с принципом работы однопереходного транзистора, рассмотрим работу реле времени (см. рис. 49). В исходном состоянии все элементы устройства, кроме элементов, генератора и выпрямителя, обесточены. Напряжение сети выпрямляется однополупериодным выпрямителем (диод VD1), стабилизируется параметрическим стабилизатором напряжения R1VD2VD3VD4, пульсации сглаживаются конденсатором С1. Гене-

ратор, собранный на однопереходном транзисторе VT2, вырабатывает колебания звуковой частоты, которые излучаются капсюлем HA1. При нажатии на кнопку SB1 "Пуск" срабатывает электромагнитное реле K1. Контактами K1.1 оно самоблокируется и размыкает конденсатор C2; контактами K1.2 подает напряжение па элементы устройства, контактами K1.3 отключает узел подачи звукового сигнала. Через резисторы R3 и R4 начинается зарядка конденсатора C2. Через некоторое время (определяемое значениями R3, R4 и C2) переход транзистора VT1 откроется и конденсатор C2 разрядится на обмотку реле K2 - оно кратковременно сработает. Контактами K2.1 реле разорвет цепь питания реле K1, и устройство примет первоначальное состояние.

Однопереходные транзисторы могут быть типов КТ117А, КТ117Б. При отсутствии однопереходного транзистора его можно заменить комбинацией из двух биполярных транзисторов (рис. 50). Реле K1 (в схеме рис. 49) применено типа МКУ-48 (паспорт РА4 509.145), реле K2 - типа РЭС-15 (паспорт РС4.591.004) или РЭС-10 (паспорт РС4 524.302). Конденсатор C2 желательно применить с малым током утечки (типов К53-1, К53-4, К53-14). Звуковой излучатель HA1 - микрофонный капсюль ДЭМШ-1А или любой другой телефон с обмоткой сопротивлением постоянному току 100 ..200 Ом. Выбор остальных деталей не вызовет затруднений. Заканчивая описание реле времени на однопереходном транзисторе, заметим, что на выдержках времени более 1 мин стабильность выдержки уменьшается.

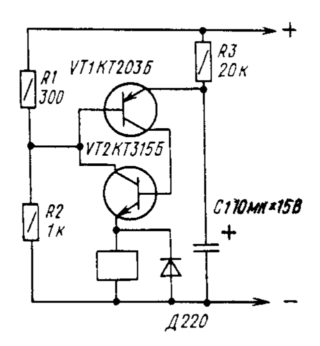


Рис. 50. Схема аналога однопереходного транзистора

Действие цифрового реле времени (первый вариант), схема которого приведена на рис. 51, основано на заполнении двоичного счетчика импульсами, следующими с периодом 1 с или 1 мин. После того как на вход счетчика поступает определенное число импульсов, появляется сигнал на выходе узла совпадения и срабатывает исполнительное реле.

Прибор имеет два поддиапазопа выдержек времени. В первом поддиапазоне длительность выдержки можно устанавливать в пределах 1...255 с с интервалом 1 с, во втором - в пределах 1...255 мин с интервалом 1 мин. Установка того или иного поддиапазона осуществляется переключателем SA1.

С обмотки II трансформатора T1 напряжение сети, пониженное до 10 В, выпрямляется диодным мостом VD1 и через резистивный

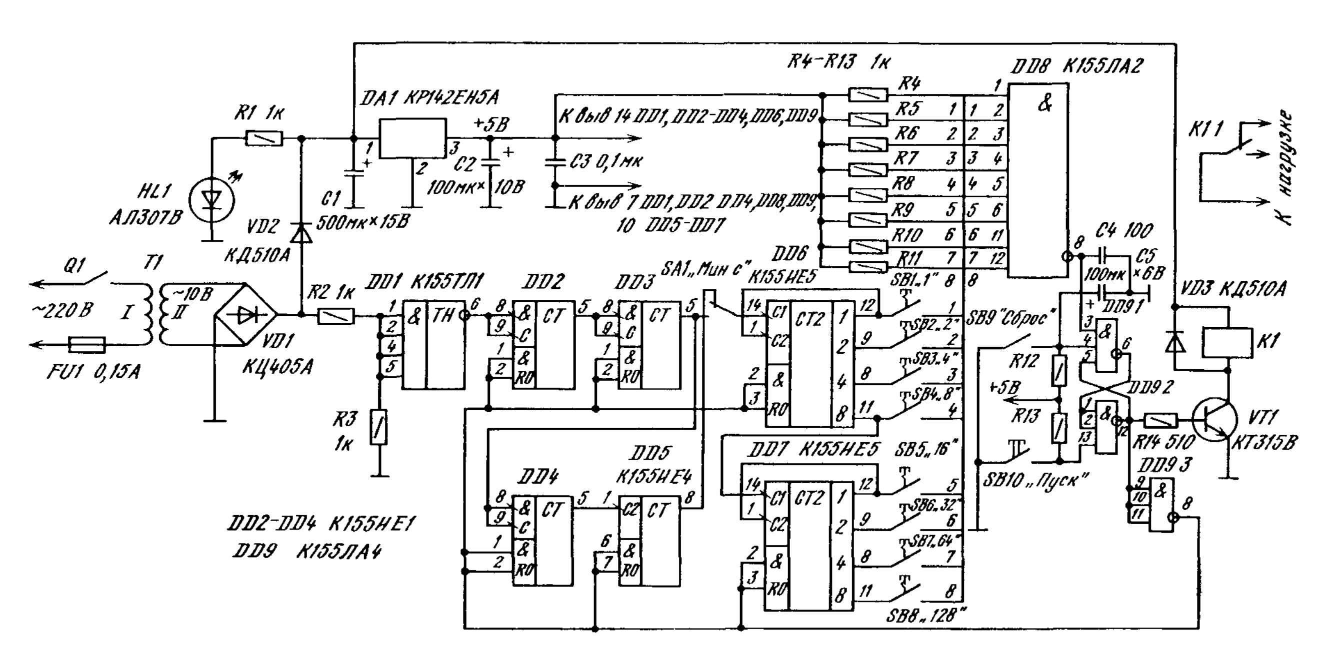


Рис. 51. Схема цифрового реле времени (первый вариант)

делитель R2R3 поступает на вход триггера Шмитта (выводы 1, 2, 4, 5 микросхемы DD1).

Триггером Шмитта называют пороговое электронное устройство, выходное напряжение которого может принимать одно из двух значений (высокий или низкий уровень) под воздействием аналогового или цифрового входного сигнала. Триггер Шмитта представляет собой усилитель, охваченный положительной обратной связью. Графическое изображение взаимосвязи между входным и выходным сигналами триггера Шмитта называют его передаточной характеристикой (рис. 52,а). Если входное напряжение триггера $U_{вх}=0$ (точка А), то выходное напряжения $U_{вых}>2{,}4$ В (напряжение высокого уровня ТТЛ). При повышении $U_{вх}$ до 1,7 В выходное напряжение скачкообразно уменьшается (переходит от точки Б к В, где $U_{вых}\leqslant 0{,}4$ В, т. е. напряжение низкого уровня). Такое входное напряжение называют напряжением срабатывания $U_{сраб}$ Если входное напряжение теперь постепенно уменьшать (от точки Г к В и ниже), то при $U_{вх}=0{,}9$ В выходное напряжение скачкообразно изменится от низкого уровня к высокому (линия Д-Е). Это входное напряжение называют напряжением отпускания $U_{отп}$. Разницу между напряжениями срабатывания и отпускания называют гистерезисом триггера; $U_{г}=0{,}8$ В. Рассмотренный триггер Шмитта, входящий в состав микросхемы К155ТЛ1, инвертирует входной сигнал. Временна́я диаграмма работы при воздействии входного синусоидального сигнала показана на рис. 52,б. Таким образом, триггер Шмитта формирует из входного сигнала произвольной формы прямоугольные импульсы с крутыми фронтами.

С выхода триггера Шмитта прямоугольные импульсы частотой 100 Гц подаются на два последовательно соединенных десятичных счетчика DD2. DD3. В результате на выходе микросхемы DD3

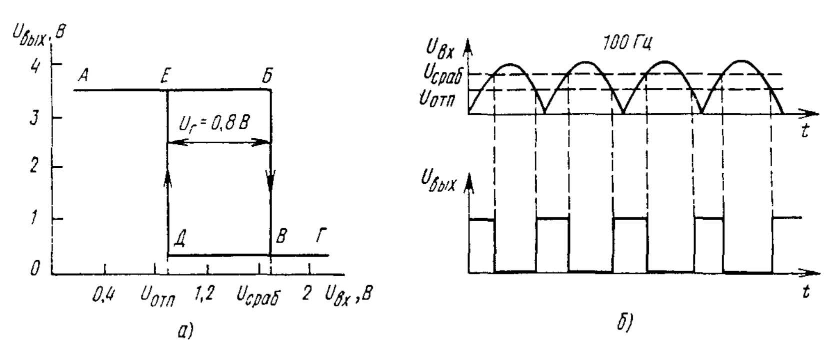


Рис. 52. Триггер Шмитта К155ТЛ1:

а - передаточная характеристика; *б* - временна́я диаграмма работы при воздействии синусоидального входного сигнала

(вывод 5) импульсы следуют с периодом 1 с. Они поступают на входы &C десятичного счетчика DD4, а от него - на микросхему DD5, которая делит частоту поступающих импульсов на шесть (микросхемы DD2-DD5 работают в режиме счета импульсов лишь в том случае, если на их входах &R0 имеется напряжение низкого уровня). На выходе микросхемы DD5 (вывод 8) импульсы следуют с периодом 1 мин.

С подвижного контакта переключателя SA1 "Мин-с" импульсы поступают на вход четырехразрядного двоично-десятичного счетчика DD6, а с выхода последнего - на вход такого же счетчика DD7. Напомним, что общая емкость N-разрядного счетчика составляет 2^N-1, следовательно, в данном случае в счетчик может быть записано максимальное десятичное число 255. Это и определяет максимальную продолжительность выдержки реле времени - 255 мин.

Триггеры, входящие в состав микросхемы К155ИЕ5, переключаются спадом импульса.

Выходы счетчиков DD6, DD7 через замыкающие контакты кнопочных выключателей SB1-SB8 соединены со входами микросхемы DD8, выполняющей логическую операцию 8И-НЕ. Когда восьмиразрядный счетчик достигнет определенного состояния, заданного выключателями SB1-SB8, на выходе микросхемы DD8 появится напряжение низкого уровня. При этом RS-триггер, выполненный на логических элементах DD9.1 и DD9.2, установится в состояние, при котором на выходе логического элемента DD9.2 напряжение низкого уровня (а в течение отсчета времени было напряжение высокого уровня), отпустит электромагнитное реле К1, а его контакты К1.1 отключат (или включат) цепь нагрузки.

Пользоваться этим реле времени несложно. После включения питания выключателем Q1 RS-триггер установится в состояние, соответствующее напряжению низкого уровня на выходе элемента DD9.2 (для установки триггера в такое состояние служит конденсатор С5). Реле К1 при этом обесточено. На входах &R0 микросхем DD2-DD7 будет напряжение высокого уровня, запрещающее счет импульсов. Затем переключателем SA1 устанавливают поддиапазон выдержек - "Секунды" или "Минуты", а кнопочными выключателями SB1-SB8 - нужную длительность выдержки времени. Например, при нажатии кнопок SB5 и SB7 и установке переключателя SA1 в положение "Минуты" выдержка времени составит 16+64=80 мин.

Затем нажимают кнопку SB10 "Пуск". При этом на выходе элемента DD9.2 установится напряжение высокого уровня и сработает реле К1, на выходе элемента DD9.3 - напряжение низкого уровня, которое будет подано на входы &R0 микросхем DD2-DD7 начнется подсчет поступающих импульсов. Через 80 мин RS-триггер

DD9.1DD9.2 переключится в противоположное состояние, и реле K1 отпустит.

Микросхемы DD1-DD10 можно заменить на аналогичные им микросхемы из серий K133, KP531, K555. При отсутствии интегрального стабилизатора KP142EH5A (DA1) стабилизатор может быть выполнен по любой известной схеме (например, параметрический стабилизатор с эмиттерным повторителем); он должен обеспечивать выходное напряжение 5 В при токе не менее 200 мА. Транзистор VT1 - типов KT312. KT315, KT503, KT603, KT608, KT3117 с любым буквенным индексом. Мостовой выпрямитель VD1 может быть из серий КЦ402, КЦ405, КЦ407 с любыми буквами; диод VD2 - Д226, Д310, КД105, КД106 с любыми буквами, VD3 - КД503, КД509, КД510, Д220, Д223 с любыми буквами. Оксидные конденсаторы - типов К50-6, К50-16; остальные - КМ-6, КЛС, К10-7в. Резисторы - типа МЛТ-0,25; реле K1 - типа РЭС-22 (паспорт РФ4.500.129). Выключатель Q1 и переключатель SA1 - типов ТВ2-1-2 или ТП1-2, переключатели SB1-SB8 - П2К с фиксацией положения, SB9 и SB10 - П2К без фиксации положения. Трансформатор T1 - любого типа, обеспечивающий напряжение на вторичной обмотке 8...12 В при токе не менее 0,3 А. Данные самодельного трансформатора: магнитопровод ШЛ16×25; обмотка I содержит 2400 витков провода ПЭВ-2 0,1 мм, обмотка II -120 витков провода ПЭВ-2 0,33 мм.

Реле времени смонтировано в пластмассовом корпусе размерами 250x210x90 мм (использован корпус от неисправного ампервольтомметра АВО-5М) (рис. 53). Верхняя съемная крышка изготовлена из текстолита толщиной 3мм. Надписи выполнены на бумаге и закрыты сверху пластинами прозрачного органического стекла. На боковой стенке находится соединитель, к которому подведены провода, идущие от контактов K1.1 реле K1.

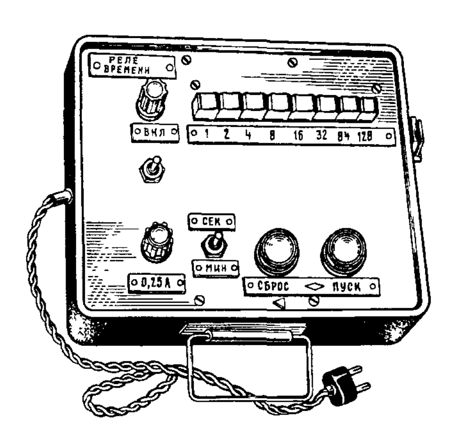


Рис. 53. Внешний вид цифрового реле времени (первый вариант)

Бо́льшая часть деталей смонтирована на плате № 2 (см. рис. 16,б). Монтаж - проволочный. Микросхема DA1 установлена на дюралюминиевом уголке 20×20 мм, служащем радиатором.

Чтобы исключить возможные сбои из-за помех, не следует объединять в один жгут провода, идущие к микросхемам, с проводами, несущими

переменный или пульсирующий ток (от сетевого трансформатора T1 и выпрямителя VD1).

Правильно собранное из заведомо исправных деталей реле времени не требует налаживания. Оценить его точность можно путем сравнения длительностей выдержек с показаниями электронных часов. В одном из испытанных экземпляров устройства максимальное отклонение выдержки на пределе 30 мин составило не более 20 с, что соответствует точности 1%.

Для уменьшения обгорания контакты K1.1 образованы четырьмя параллельно соединенными группами контактов, имеющимися в реле. Желательно также параллельно контактам подключать искрогасящие цепи (последовательно соединенные резистор сопротивлением 100...200 Ом, мощностью 2 Вт и конденсатор емкостью 0,25...0,5 мкФ на номинальное напряжение 400 В). Такой вариант реле выдержки времени можно применять при выполнении фоторабот, для включения и запрограммированного выключения различных бытовых приборов (например, электроплитки). Если увеличить диапазоны выдержек включением в счетчик импульсов дополнительных триггеров и ввести звуковую сигнализацию, то реле времени можно будет использовать и как электронный будильник.

Схема второго варианта цифрового реле времени представлена на рис. 54. Действие этого устройства, как и предыдущего варианта реле времени, основано на заполнении двоичных счетчиков импульсами, следующими с периодом 1, 10 с, 1 или 10 мин. Реле времени обеспечивает выдержку времени от 1 с до 990 мин в четырех поддиапазонах (1...99 с с интервалом 1 с; 10...990с с интервалом 10 с; 1...99 мин с интервалом 1 мин; 10...990 мин с интервалом 10 мин). Отличительной особенностью такого реле времени является малый ток потребления (в режиме выдержки времени он составляет около 1 мА), что позволило питать реле времени от гальванической батареи и потому использовать его в тех местах, где нет электросети. Реле времени может включать и выключать бытовые электроприборы мощностью до 1000 Вт, а также подает звуковой сигнал.

В реле времени использован кварцевый резонатор, что обеспечивает высокую стабильность временны́х интервалов (не хуже 0,001%). Наличие всех перечисленных факторов позволяет широко использовать это устройство в быту.

Устройство выполнено на шести микросхемах серии К176. Эта серия по сравнению с серией К155 обладает не только тем преимуществом, что ее микросхемы потребляют малую мощность, но и тем, что они имеют и более высокую степень интеграции.

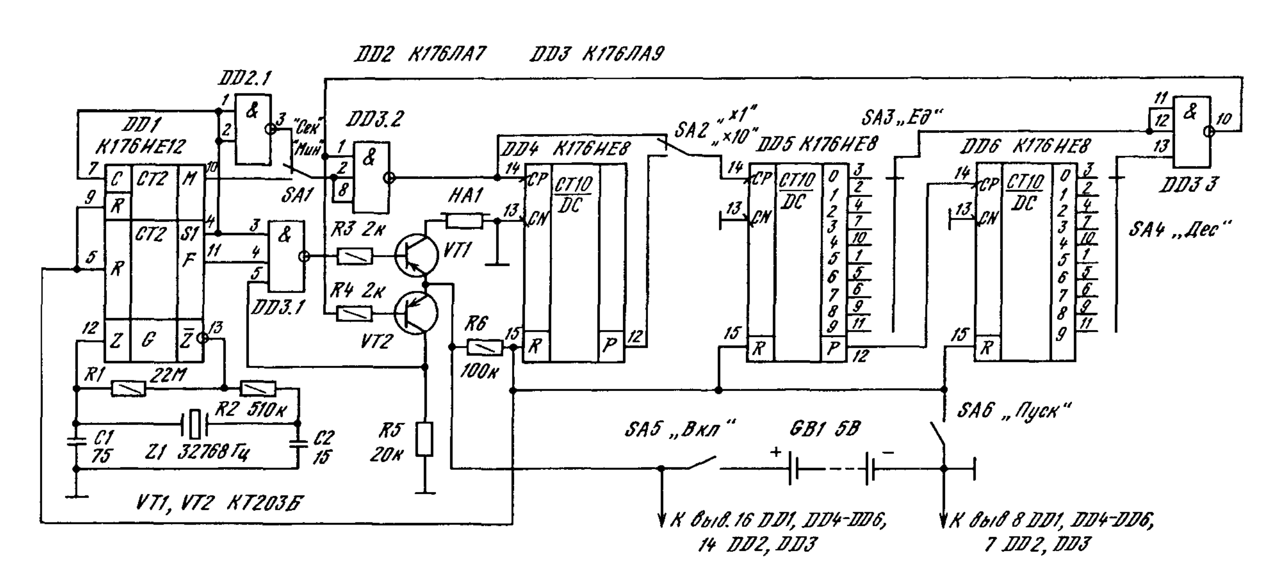


Рис. 54. Схема цифрового реле времени (второй вариант)

Микросхема К176ИЕ12 (DD1), разработанная для использования в электронных часах, имеет очень широкие функциональные возможности. В ее состав входят генератор, рассчитанный на работу с внешним кварцевым резонатором на частоту 32 768 Гц (выводы 12 и 13), и два делителя частоты с коэффициентами деления $2^{15} = 32768$ и 60 (выводы 4, 7. 10). Следовательно. на выходах микросхемы формируются секундные и минутные импульсы. Микросхема позволяет реализовывать и некоторые другие функции, связанные с ее применением в электронных часах. В исходное состояние микросхему устанавливают подачей напряжения высокого уровня на входы R (выводы 5, 9).

Эпюры напряжений на некоторых выводах микросхемы К176ИЕ12 представлены на рис. 55. Особенность микросхемы К176ИЕ12 в том. что первый спад на выходе минутных импульсов M появляется спустя 59 с после подачи напряжения низкого уровня на вход сброса R. Это следует учитывать при эксплуатации устройств, собранных на микросхеме.

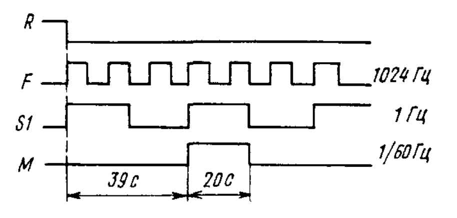
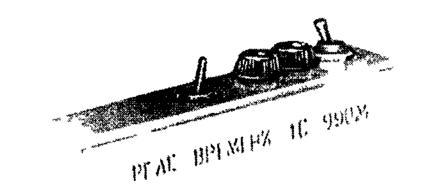


Рис. 55. Эпюры напряжений на выводах микросхемы К176ЕА12

Микросхема К176ИЕ8 (DD4-DD6) - это двоичный счетчик, совмещенный с десятичным дешифратором. Имеет вход R для установки в исходное состояние и входы для подачи счетных импульсов отрицательной (CN) и положительной (CP) полярностей. При работе счетчика на его выходах 0-9 (выводы 1-7, 9-11) последовательно появляется напряжение высокого уровня.



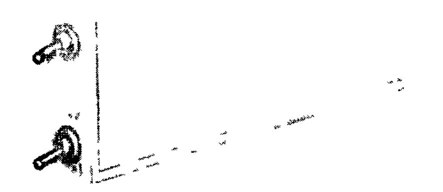


Рис. 56. Внешний вид цифрового реле времени (второй вариант)

Рассмотрим работу реле времени (контакты выключателя питания SA5 замкнуты). Выбор нужной выдержки времени осуществляют переключателями SA1 ("Минуты" - "Секунды"), SA2 ("×1" - "×10"), SA3, SA4 ("Единицы", "Десятки"). После этого замыкают контакты выключателя SA6 "Пуск". При этом на выводах 10, 4, 11 микросхемы DD1 появляются импульсы с частотами соответственно 1/60.

1 и 1024 Гц. В зависимости от положения переключателя SA1 на выводы 2, 8 логического элемента DD3.2 поступают минутные или секундные импульсы. На выводе 1 этого же элемента - напряжение высокого уровня, поданное с выхода логического элемента DD3.3 (поскольку на его входах - выводах 11, 12, 13 - напряжение низкого уровня). Следовательно, импульсы поступают на вход CP микросхемы DD4, и если контакты переключателя SA2 находятся в показанном на схеме положении - то и на аналогичный вход микросхемы DD5.

Логический элемент DD2.1 инвертирует секундные импульсы, поступающие на нормально замкнутый контакт переключателя SA1. Это сделано для того, чтобы на выводы 2, 8 логического элемента DD3.2 поступали или секундные, или минутные импульсы, у которых период относительно исходного состояния входа R определяется спадом импульса (или, что то же самое, срезом импульса). На вход CP микросхемы DD4 импульсы поступают в противофазе благодаря применению логического элемента DD3.2, т.е. секундный или минутный интервал определяется положительным перепадом напряжения на входе CP, переключающим триггеры микросхемы.

Через некоторое время, определяемое положением подвижных контактов переключателей SA3 и SA4, на этих контактах появятся одновременно напряжения высокого уровня. Напряжение низкого уровня, появившееся на выходе логического элемента DD3.3, запретит дальнейшее поступление импульсов на входы микросхем DD4, DD5 и откроет транзистор VT2. На вывод 5 логического элемента DD3.1 поступит напряжение высокого уровня. На базу транзистора VT1 начнут поступать импульсы с интервалом 1 с, модулированные частотой 1024 Гц (роль модулятора, или суммирующего устройства, выполняет логический элемент DD3.1). В излучателе HA1 будет слышен прерывистый звуковой сигнал, свидетельствующий об окончании выдержки времени.

Микросхему К176ЛА7 (DD2) можно заменить на К561ЛА7, К176ЛА9 (DD3) - на К561ЛА9, К176ИЕ8 (DD4-DD6) - на К561ИЕ8. Транзисторы VT1, VT2 - любые из серий КТ203, КТ361, КТ501, КТ502. Кварцевый резонатор Z1 - малогабаритный на частоту 32768 Гц, предназначенный для использования в электронных часах. Конденсаторы C1, C2 - типов КЛС, КМ, КТ, К10-7в, К10-23. Резисторы - МЛТ-0,25. Звуковой излучатель - микрофонный капсюль ДЭМШ-1А или телефонный капсюль любого типа с сопротивлением катушки постоянному току не менее 65 Ом (например, ТА-4, ТК-47, ТК-67). Переключатели SA1, SA2, SA5, SA6 - типа П1Т, SA3, SA4 - МПН-1. В качестве батареи питания GB1 использованы четыре дисковых аккумулятора Д-0,06.

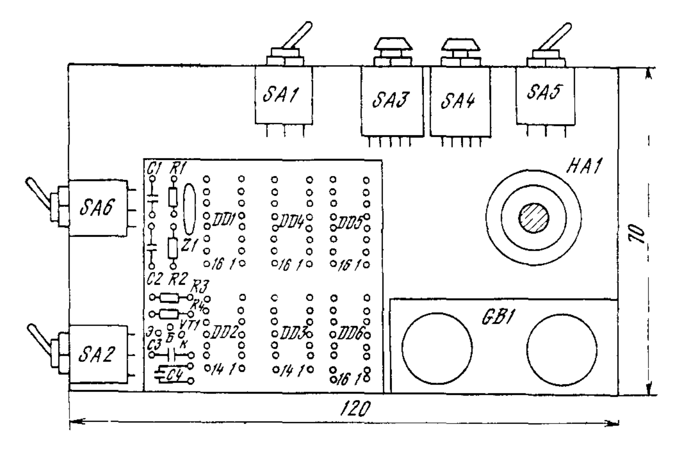


Рис. 57. Расположение элементов в корпусе реле времени

Реле времени собрано в пластмассовом корпусе размерами 120×70×20 мм (рис. 56). Корпус изготовлен из коробки для рыболовных принадлежностей. Расположение элементов в корпусе реле времени показано на рис. 57. Монтаж на плате выполнен проводами.

Такое реле времени, свободно умещающееся в кармане, удобно использовать в качестве таймера или будильника. Несложная приставка к реле времени (рис. 58) позволяет с его помощью управлять нагрузкой. Переключателем SA1 выбирают режим коммутации нагрузки. В положении 1 управление нагрузкой не осуществляется, и цепи узла управления нагрузкой (оптроны U1. U2) отключены от коллектора транзистора VT1; это сделано для того, чтобы не расходовать напрасно энергию батареи GB1 на питание

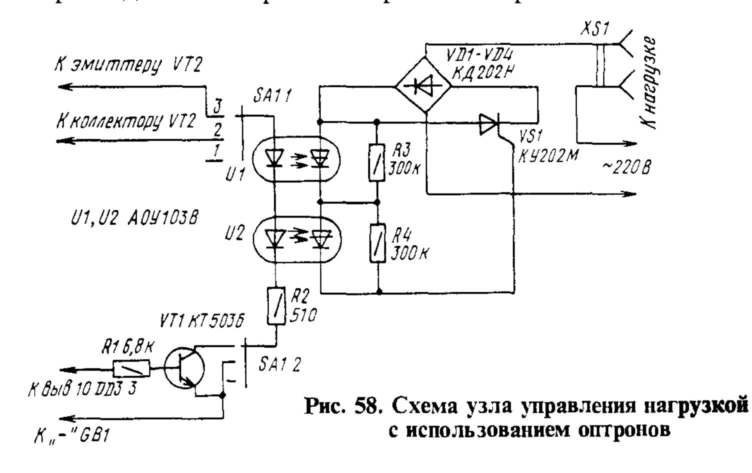


Рис. 58. Схема узла управления нагрузкой с использованием оптронов

узла управления, если нагрузка отключена, а реле времени используется только в качестве будильника. По истечении заданного времени в положении 2 переключателя SA1 реле времени включает нагрузку, а в положении 3 - выключает нагрузку (в течение заданного времени она включена).

Коммутация нагрузки осуществляется тиристором VS1, включенным в диагональ диодного моста VD1-VD4. Тиристор включается с помощью двух оптронов U1 и U2. Оптрон работает следующим образом. При протекании тока через светодиод оптрона освещается его динистор, и он начинает пропускать ток. Достоинством оптрона является отсутствие гальванической связи между его входными и выходными цепями, что создает безопасные условия работы с устройствами, имеющими питание от сети (сопротивление между входными и выходными цепями оптрона достигает сотен мегаом).

Допустим, что переключатель SA1 установлен в положение 2. При появлении напряжения низкого уровня на выходе логического элемента DD3.3 транзистор VT2 реле времени (рис. 54) откроется, также откроется и транзистор VT1 узла управления, и через светодиоды оптронов U1 и U2 потечет ток, ограничиваемый резистором R2. Динисторы оптронов откроются, поэтому в начале каждого полупериода напряжения сети будет открываться тринистор VS1 и оставаться открытым до конца полупериода. Использование двух оптронов объясняется тем, что допустимое прямое напряжение динистора оптрона этого типа составляет лишь 200 В. Резисторы R3 и R4 предназначены для выравнивания напряжений на динисторах, когда они находятся в закрытом состоянии.

Если переключатель SA1 находится в положении 3, то входные цепи оптронов будут подключены к плюсу питания и транзистору VT1, который по истечении выдержки времени закроется и выключит оптроны и нагрузку. Поскольку ток, протекающий через входные цепи оптрона, довольно значителен (10...20 мА), при установке больших выдержек времени батарея GB1 может сильно разрядиться. Это необходимо учитывать при работе с устройством.

По истечении выдержки времени контакты переключателя SA5 следует возвратить в исходное положение, при этом устройство примет первоначальное состояние.

Нагрузка, которую может коммутировать реле времени, питается переменным током. Это может быть холодильник, телевизор, радиоприемник, вентилятор и пр. Если же питание нагрузки допускается осуществлять постоянным током (фотоувеличитель, утюг, электроплитка), то узел управления можно упростить и избежать применения оптронов (рис. 59). Этот узел будет производить отключение нагрузки по истечении заданного времени. Мощ-

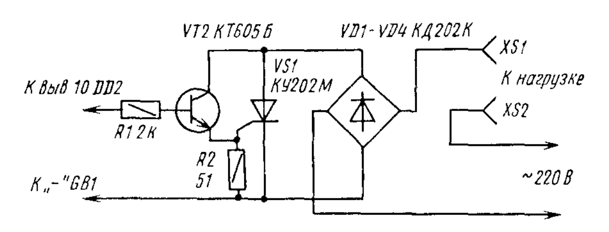


Рис. 59. Схема узла управления нагрузкой (без оптронов)

ность, рассеиваемая на транзисторе VT2, очень мала, поскольку ток через него протекает лишь в момент открывания. Однако в этом случае элементы реле времени будут иметь гальваническую связь с сетью и необходимо соблюдать меры безопасности при работе с устройством.

Конструкция узла управления нагрузкой, его размеры определяются тем, какие нагрузки предполагается коммутировать. Если их мощность не превышает 300 Вт, то выпрямительные диоды и тринистор не нужно устанавливать на радиатор. Если же мощность нагрузки может достигать 1000 Вт, то тринистор следует устанавливать на радиатор с поверхностью теплоотдачи не менее 200 см^2, а каждый из диодов - на радиатор с поверхностью 50 см^2.

Напоминаем: микросхемы потребляют от батареи ток около 1 мА; устройство подачи звукового сигнала - не более 10 мА; оптроны, когда они включены, - 10...20 мА. Исходя из этих данных и зная емкость батареи питания, следует рассчитать продолжительность работы реле времени в том или ином режиме.

Большие возможности для построения времязадающих устройств открывает использование интегрального таймера КР1006ВИ1. Эта микросхема специально разработана для применения в устройствах подобного типа.

Функциональная схема интегрального таймера КР1006ВИ1 представлена на рис. 60. В состав таймера входят два прецизионных компаратора высокого (DA1) и низкого (DA2) уровней, асинхронный RS-триггер DD1, мощный выходной каскад на транзисторах VT1 и VT2, разрядный транзистор VT3, прецизионный делитель напряжения R1R2R3. Сопротивления резисторов R1-R3 равны между собой.

Таймер содержит два основных входа: вход запуска (вывод 2) и пороговый вход (вывод 6). На этих входах происходит сравнение внешних напряжений с эталонными значениями, составляющими для указанных входов соответственно $1/3U_{пит}$ и $2/3U_{пит}$. Если на входе $U_{пор}$ действует напряжение меньше $2/3U_{пит}$, то уменьшение напряжения на входе $U_{зап}$ до значения, меньшего $1/3U_{пит}$, приведет к установке таймера в состояние, когда на выходе (вывод 3) имеется

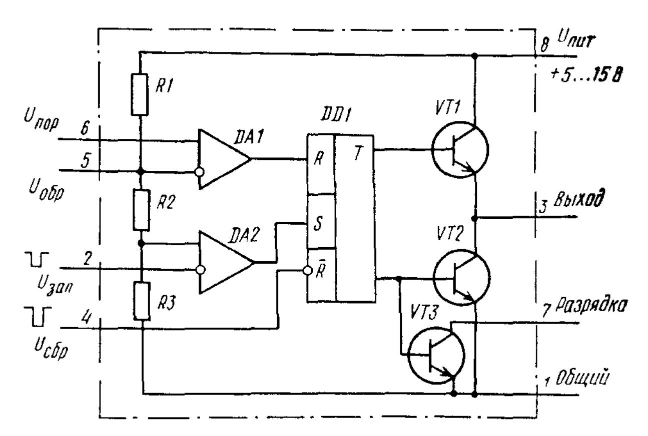


Рис. 60. Функциональная схема интегрального таймера КР1006ВИ1

напряжение высокого уровня. При этом последующее повышение напряжения на входе $U_{зап}$ до значения $1/3U_{пит}$ и выше не изменит состояния таймера. Если затем повысить напряжение на выходе $U_{пор}$ до значения больше 2/3 $U_{пит}$, то сработает триггер DD1 и на выходе таймера установится напряжение низкого уровня, которое будет сохраняться при любых последующих изменениях напряжения на входе $U_{пор}$. Этот режим работы таймера обычно используют при построении реле времени, ждущих мультивибраторов. При этом вход $U_{пор}$ подключают к одной из обкладок конденсатора времязадающей цепи, а по входу $U_{зап}$ производят запуск таймера подачей короткого импульса отрицательной полярности. Если необходимо создать автоколебательный мультивибратор, то оба входа объединяют. Транзистор VT3 служит для разрядки времязадающего конденсатора. При появлении напряжения высокого уровня на выводе 3 таймера этот транзистор открывается и соединяет обкладку конденсатора с общим проводом.

Если на запускающем входе напряжение не превышает $1/3U_{пит}$, то повышение напряжения на входе $U_{пор}$ выше $2/3U_{пит}$ приведет к появлению низкого напряжения на выходе таймера, а понижение напряжения на этом входе ниже $2/3U_{пит}$ установит высокое напряжение на выходе. Таким образом, в данном случае таймер работает как обычный компаратор и может быть использован в устройствах регулирования температуры, автоматического включения освещения и др.

Если на входе $U_{пор}$ напряжение превышает $2/3U_{пит}$, то на выходе таймера будет низкое напряжение независимо от значения напряжения на входе $U_{зап}$. В заключение следует отметить, что напряжение питания таймера может находиться в пределах 5...15 В. Максималь-

ный выходной ток таймера равен 100 мА. Это позволяет использовать в качестве нагрузки электромагнитное реле. Вывод 5 служит для контроля значения образцового напряжения, а также для возможного изменения его значения путем подключения внешних резисторов. Для уменьшения возможного действия помех этот вход обычно соединяют с общим проводом через конденсатор емкостью 0,01...0,1 мкФ. Вход $U_{сбр}$ (вывод 4) позволяет устанавливать на выходе низкое напряжение независимо от сигналов на остальных входах. Для этого на вывод 4 следует подать напряжение низкого уровня. Последующее повышение напряжения на этом входе до напряжения высокого уровня приводит к установлению на выходе таймера состояния, которое было до подачи низкого напряжения на вход 4 (имеется в виду, что времязадающая цепь не подключена). Если этот вход не используется, его следует соединить с выводом 8. В схемах реле времени вход $U_{сбр}$ часто используют для установки таймера в исходное состояние, соответствующее закрытому транзистору VT3.

На рис. 61 представлена схема реле времени с использованием интегрального таймера. После подачи питания на устройство на выводе 2 установится высокое напряжение, а на выводе 6 - низкое (поскольку конденсатор C2 разряжен). На выходе таймера (вывод 3) при этом будет также низкое напряжение, через обмотку реле K1 течет ток, и разрядный транзистор таймера открыт - конденсатор C2 не может заряжаться. В таком состоянии таймер может находиться сколь угодно долго. Отсчет времени начинается с момента нажатия кнопки SB1 "Пуск". Поступающий при этом на вывод 2 отрицательный перепад напряжения переключает внутренний триггер таймера в противоположное состояние, на выводе 3 появляется напряжение

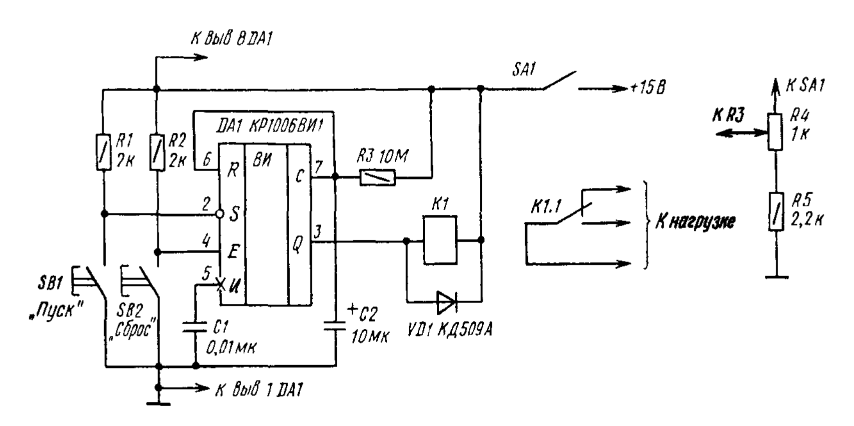


Рис. 61. Реле времени на интегральном таймере КР1006ВИ1

Рис. 62. Схема узла для регулирования выдержки времени

высокого уровня, реле K1 отпускает, а разрядный транзистор таймера закрывается. Начинается зарядка конденсатора C2 через резистор R3. Когда напряжение на конденсаторе достигнет порога переключения компаратора высокого уровня (в данном случае оно равно $2/3 \times 15$ В = 10 В), на выводе 3 опять установится напряжение низкого уровня, реле K1 сработает, а конденсатор C2 разрядится через внутренний транзистор таймера. Длительность выдержки времени T можно определить из соотношения $T = 1{,}1R3C2$, при этом время выражено в секундах, емкость - в микрофарадах, сопротивление - в мегаомах. Сопротивление времязадающего резистора не должно превышать 10 МОм. Емкость ограничивается лишь сопротивлением утечки, значение которого должно превышать значение сопротивления времязадающего резистора по крайней мере на порядок (т.е. в 10 раз). Желательно применять конденсаторы типов К73-17, К76-П2, К53-1, ЭТО, обладающие малыми потерями.

Стабильность выдержки времени определяется в основном стабильностью конденсатора и резистора времязадающей цепи. Стабильность же собственно таймера весьма высокая. Это связано с тем, что изменение температуры в одинаковой степени влияет на сопротивление всех трех резисторов делителя напряжения, которые выполнены на одном кристалле. Изменение напряжения питания также не влияет на время выдержки, поскольку одновременно изменяются и порог срабатывания компаратора, и зарядный ток через конденсатор.

Реле K1 следует выбирать исходя из напряжения питания таймера и тока срабатывания не более 100 мА. Подойдут реле РЭС-10 (паспорт РС4.524.302), РЭС-9 (паспорт РС4.524.200).

В данном реле времени не предусмотрена регулировка выдержки времени. Казалось бы, сделать это несложно - достаточно резистор R3 заменить переменным. Однако промышленность выпускает переменные резисторы с номиналом не более 5 МОм. Выход из этого положения можно найти, если регулировать напряжение питания времязадающей цепи. Фрагмент схемы, обеспечивающей такую возможность, показан на рис. 62. Отношение сопротивлений резисторов R4 и R5 выбрано таким образом, чтобы напряжение на движке переменного резистора изменялось от значения, немного большего $2/3U_{пит}$, до $U_{пит}$. Для расширения диапазона выдержек можно изменять емкость времязадающего конденсатора использованием галетного переключателя и батареи конденсаторов.

Стабильность формируемых выдержек данным реле времени достаточно высокая. В экспериментальном экземпляре на диапазоне 5 мин она составляла около ±0,5%, на диапазоне 30 мин - около

±2%. Дальнейшее увеличение выдержки времени приводит к значительному ухудшению ее стабильности и, следовательно, нежелательно. Поэтому для обеспечения больших выдержек времени (более 30 мин) следует идти по пути использования цифровых делителей частоты, а таймер использовать в качестве задающего генератора.

Принципиальная схема такого реле времени показана на рис. 63. На микросхеме DA1 выполнен мультивибратор, вырабатывающий задающие импульсы стабильной частоты 1 Гц или 1/60 Гц: на микросхеме DD1 - двоичный счетчик с коэффициентом деления 128; на микросхеме DD2 - генератор звуковой частоты.

Выбор диапазона выдержки времени (секунды или минуты) производится переключателем SB2, установка времени выдержки-выключателями SA1-SA8. С их помощью можно набрать любое число от 1 до 255. Таким образом,. наибольшая выдержка составляет 255 мин.

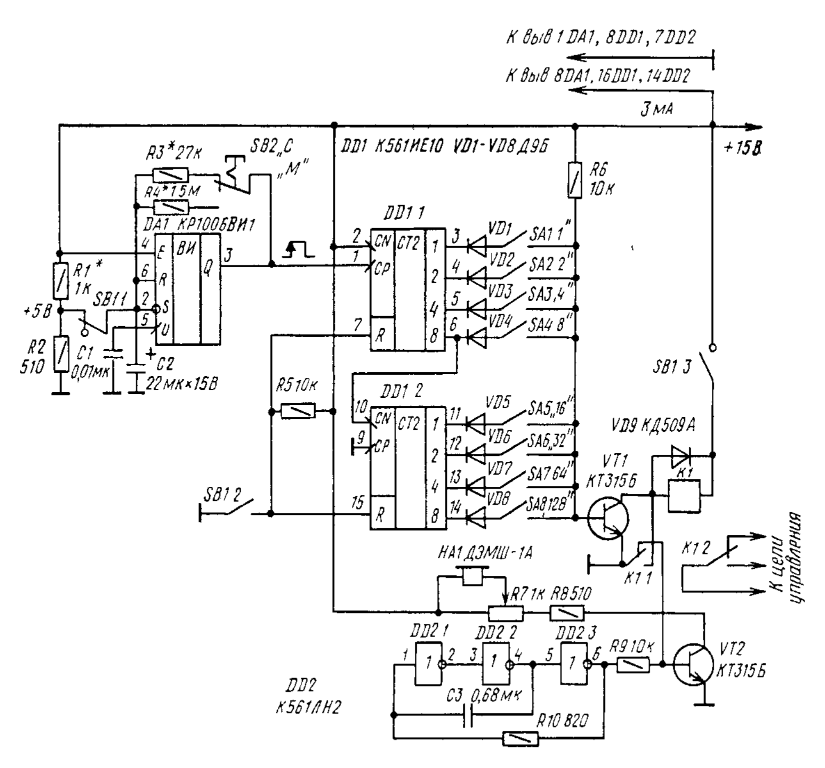


Рис. 63. Схема реле времени с использованием таймера КР1006ВИ1 и цифровых микросхем

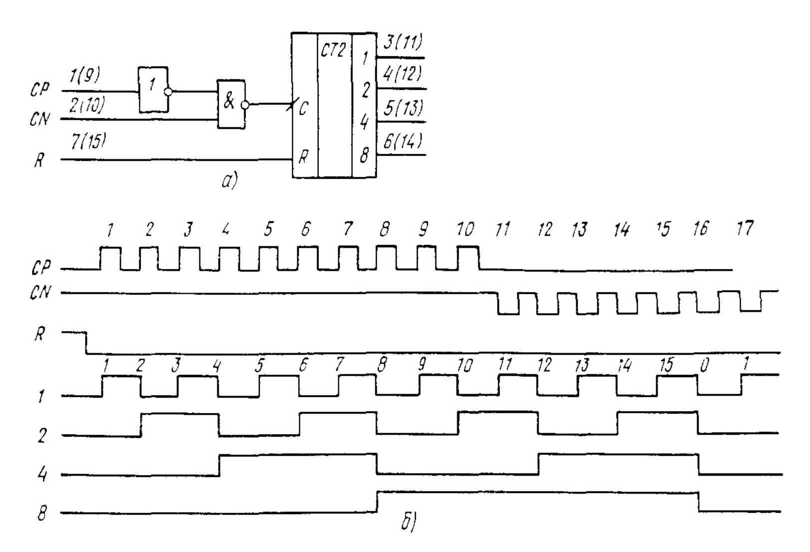


Рис. 64. Микросхема К561ИЕ10:

а - логическая структура, *б* - временная диаграмма (числа в скобках обозначают выводы второго счетчика в корпусе микросхемы)

Прежде чем рассмотреть работу реле времени, познакомимся с особенностями микросхемы К561ИЕ10. Она состоит из двух одинаковых четырехразрядных счетчиков-делителей, связанных только общим питанием. Каждый счетчик имеет два счетных входа CP и CN, вход R принудительной установки нулей на выходах и выходы от каждого из четырех разрядов (рис. 64,а).

Когда на входе CN имеется напряжение низкого уровня либо на входе CP напряжение высокого уровня, входные импульсы, поданные на второй вход, не изменяют состояния счетчика. Для обеспечения режима счета необходимо на вход CN подать разрешающее напряжение высокого уровня (при этом входные импульсы поступают на вход CP) либо поддерживать напряжение низкого уровня на входе CP, а входные импульсы подавать на вход CN. Когда счет импульсов производится по входу CP, переключение первого триггера счетчика происходит по фронту счетных импульсов, при счете по входу CN - по спаду счетных импульсов (рис. 64,б). Остальные разряды счетчика переключаются по спаду импульсов выходных сигналов предыдущих разрядов. Максимальная частота счета 20 МГц.

Рассмотрим работу реле времени (рис. 63). Для запуска устройства нажимают кнопочный выключатель с фиксацией положения SB1. Начинает работать мультивибратор, на входы R подается

сигнал разрешения счета и счетчики DD1.1, DD1.2 заполняются импульсами. Допустим, что установлена выдержка времени 22 с. Это достигается замыканием контактов выключателей SA2, SA3, SA5 (2+4+16=22). Поскольку в исходном состоянии счетчиков на всех их выходах низкое напряжение, диоды VD1-VD8 открыты, а транзисторы VT1, VT2 закрыты, реле К1 обесточено. Диоды VD1-VD8 реализуют операцию логического сложения, т. е. транзистор VT1 откроется тогда, и только тогда, когда на выводах 4, 5, 11 микросхемы DD1 установится напряжение высокого уровня. При этом сработает реле К1, контактами К1.1 самоблокируется и одновременно отключит базу транзистора VT2 от общего провода. В звуковом излучателе НА1 будет слышен сигнал, свидетельствующий об окончании выдержки времени. Громкость сигнала регулируется переменным резистором R7.

Следует заметить, что в счетчике DD1.1 счетные импульсы подаются на вход СР, а в счетчике DD1.2 - на вход CN.

В исходное состояние устройство возвращают переключением контактов SB1 в первоначальное положение.

Несколько слов о назначении делителя напряжения R1R2. Как следует из логики работы интегрального таймера КР1006ВИ1, в процессе работы мультивибратора напряжение на времязадающем конденсаторе С2 изменяется в пределах 1/3...2/3 напряжения питания, т.е. от 5 до 10 В. Поэтому в исходном состоянии конденсатор С2 должен быть заряжен до одного из этих напряжений, чтобы длительность первого сформированного мультивибратором импульса не отличалась от длительности последующих. В данном случае конденсатор заряжается до напряжения 5 В, которое подается на конденсатор С2 с делителя R1R2 через замкнутые контакты переключателя SB1.1.

В устройстве использованы постоянные резисторы МЛТ-0,25. Переменный резистор R7 - СП-0,4, СП-1 или любой другой. Конденсатор С2 - типа К53-1, К53-4, ЭТО; главное требование - чтобы он обладал малым током утечки и высокой стабильностью емкости при изменении температуры. Конденсаторы С1, С3 - типа КМ-6б, КЛС. Транзисторы VT1, VT2 - любые из серий КТ312, КТ315, КТ503, КТ603, КТ608, КТ3117. Диоды VD1-VD8 - любые из серий Д9, Д311. Они обязательно должны быть германиевыми, поскольку только германиевый переход характеризуется малым прямым падением напряжения: 0,3...0,5 В. Это обеспечивает надежное закрывание кремниевого транзистора VT1. Использование кремниевых диодов недопустимо из-за большого прямого падения напряжения на них (1...1,5 В). Диод VD9 может быть типов Д220, Д223, КД503, КД509. Реле К1 - РЭС-10 (паспорт РС4.524.302) или

РЭС-15 (паспорт РС4.591.004). Звуковой излучатель HA1 - любого типа с сопротивлением обмотки постоянному току 100...200 Ом, например ВП-1, ДЭМШ-1А, ТК-67. Переключатели SB1, SB2 - типа П2К с фиксацией положения; SA1-SA8 - типа П1Т-1.

Налаживание реле времени состоит в подборе напряжения 5 В в точке соединения резисторов R1 и R2 с помощью резистора R1, а также в установлении периода следования импульсов мультивибратора равным 1 с или 1 мин резисторами R3 и R4 соответственно. В макетном экземпляре реле времени максимальная погрешность выдержки времени на пределе 255 мин составила 0,2...0,3%.

Для расширения пределов выдержки времени следует или увеличить период колебаний мультивибратора, или применить дополнительные делители частоты.

Карманный электронный секундомер

Карманный электронный секундомер позволяет производить отсчет текущего времени от 1 до 99 с в диапазоне "Секунды" и от 1 до 99 мин в диапазоне "Минуты". Кроме того, устройство генерирует случайные числа в диапазоне 1... 99.

Принципиальная схема секундомера представлена на рис. 65. На микросхеме DD1 выполнен генератор импульсов, частота которых стабилизирована кварцевым резонатором Z1, а также делители частоты. На выходе М (вывод 10 микросхемы) импульсы следуют с периодом 1 мин, на выходе S1 (вывод 4) - с периодом 1 с, на выходе F (вывод 11) - с частотой 1024 Гц.

Если контакты выключателя SB1 "Пуск" разомкнуты, то все делители микросхемы DD1 находятся в исходном состоянии и импульсы на выходах М, S1, F отсутствуют. При замыкании контактов этого выключателя на указанных выходах появляются импульсы. На схеме показано такое положение контактов кнопочных переключателей SB2 и SB3, при котором на счетный вход микросхемы DD2 поступают импульсы с периодом следования 1 мин.

Микросхема К176ИЕ4 (DD2, DD3) содержит двоичный декадный счетчик и преобразователь его состояний в сигналы управления семисегментным индикатором. Триггеры декады устанавливаются в нулевое состояние при подаче напряжения высокого уровня на вход R, а переключаются спадами импульсов, поступающих на вход С. На выходах a-g формируются выходные сигналы, обеспечивающие на семисегментном индикаторе свечение цифр, соответствующих состоянию декады. При подаче напряжения низкого уровня на управляющий вход S состояние декады определяется напряжением высокого уровня на выходах a-g, а при подаче напряжения высокого

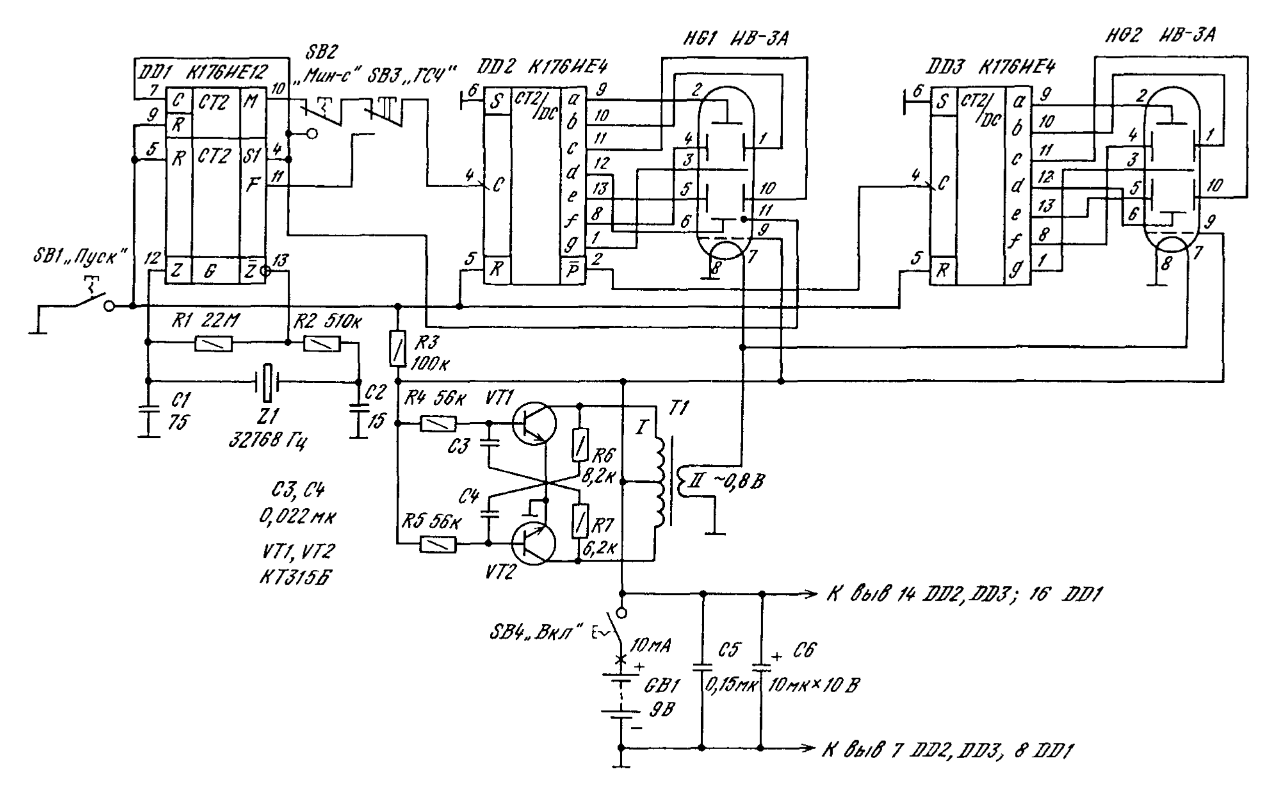


Рис. 65. Принципиальная схема карманного электронного секундомера

уровня на вход S - напряжением низкого уровня на выходах a-g. Такое переключение уровней выходных сигналов расширяет область применения микросхемы. Выход $\bar{P}$ микросхемы - выход переноса, на котором в момент перехода декады из состояния 9 в состояние 0 формируется отрицательный перепад напряжения. Этот выход служит для связи с последующими разрядами.

Таким образом, при подаче на вход C микросхемы DD2 минутных импульсов цифровые семисегментные люминесцентные индикаторы отображают текущее время в минутах: HG1 - единицы минут, HG2 - десятки минут.

При нажатии кнопки SB3 "ГСЧ" (генератор случайных чисел) на вход микросхемы DD2 поступают импульсы с частотой 1024 Гц. За время удержания кнопки (1...3 с) счетчики DD2, DD3 неоднократно переполняются, поэтому индикаторы после отпускания кнопки высвечивают случайное число.

Для индикации режима работы секундомера на анод разделительной точки индикатора HG1 (вывод 11) подаются секундные импульсы с выхода S1 микросхемы DD1, поэтому при нажатой кнопке SB1 "Пуск" точка на индикатор мигает с периодом 1 с.

Аноды и сетки цифровых индикаторов питаются напряжением 9 В, а нити накала индикаторов - переменным напряжением 0,8 В с выхода преобразователя напряжения. Преобразователь напряжения, выполненный на транзисторах VT1, VT2 и трансформаторе T1, представляет собой симметричный автоколебательный мультивибратор. Его частота определяется в основном сопротивлениями резисторов R6, R7 и числом витков обмотки I трансформатора T1. В данном случае частота составляет около 6...8 кГц. Ток, потребляемый преобразователем под нагрузкой от источника питания, равен 10...15 мА. В принципе питание нитей накала можно осуществлять от источника напряжением 9 В через ограничительный резистор, однако экономичность такого секундомера была бы значительно хуже (нить накала одного индикатора потребляет ток 45...55 мА).

О деталях секундомера. Используемые микросхемы аналогов в других сериях не имеют. Цифровые индикаторы ИВ-3А можно заменить на ИВ-6, однако последние имеют несколько бóльшие габаритные размеры и ток нити накала. Транзисторы VT1 и VT2 - любые из серий КТ312, КТ315, КТ503, КТ3117. Резисторы-типа МЛТ-0,25. Конденсаторы C1, C2 - типов КТ, К10-7, К10-23; C3-C5 - КЛС, КМ-6, К10-23; C6 - К50-6, К50-16, К50-12. Трансформатор О1 намотан на ферритовом кольце К10x6x3 с магнитной проницаемостью 600....1000. Обмотка I содержит 420 витков провода ПЭВ-2 0,10 с отводом от середины; обмотка II содержит 35 витков провода

ПЭВ-2 0,17. Выключатели SB1, SB4 и переключатели SB2, SB3 - типа П2К: SB1, SB2, SB4 - с фиксацией положения, SB3 - без фиксации.

Секундомер собран на отрезке универсальной печатной платы (рис. 16, а), монтаж выполнен проводами. Корпусом служит уже упоминавшаяся выше пластмассовая коробка для рыболовных принадлежностей размерами 120 × 70 × 20 мм (рис. 66).

В налаживании секундомер не нуждается.

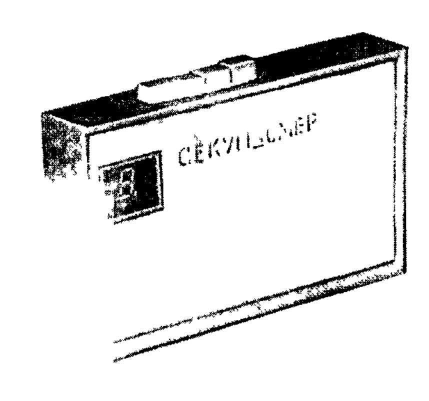


Рис. 66. Внешний вид секундомера

Преобразователь напряжения для электробритвы

Данное устройство позволяет питать в полевых условиях электроприборы, рассчитанные на напряжение сети 220 В (электробритва, электропаяльник, электрощипцы для завивки волос и др.), мощностью до 20 Вт. Источником питания служит аккумуляторная батарея или генератор постоянного тока напряжением 12 В.

Преобразователь напряжения (рис. 67) выполнен по схеме симметричного мультивибратора. Его частота в основном определяется сопротивлениями резисторов R2 и R4, а также числом витков обмотки I трансформатора T1. Для указанных на схеме номиналов резисторов R2, R4 и приведенных ниже параметров трансформатора T1 частота преобразования равна 20...25 кГц (под нагрузкой).

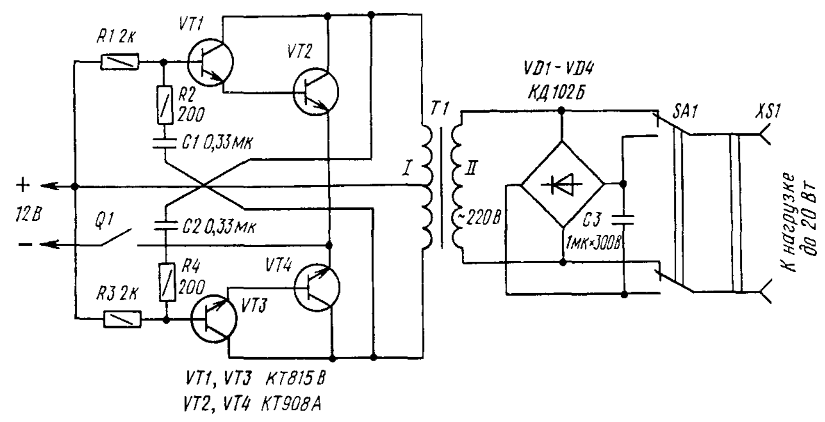


Рис. 67. Принципиальная схема преобразователя напряжения

Применение составных транзисторов VT1VT2 и VT3VT4 позволило использовать резисторы смещения R1 и R3 достаточно большого сопротивления, что повышает экономичность устройства.

Высокое напряжение вторичной обмотки трансформатора T1 выпрямляется мостовым выпрямителем VD1-VD4, пульсации сглаживаются конденсатором C3. В зависимости от положения контактов переключателя SA1 в нагрузку подается постоянное или переменное напряжение. Если нагрузка допускает питание как переменным, так и постоянным напряжением (электропаяльник), то ее следует питать переменным напряжением - в этом случае на диодах VD1-VD4 не рассеивается мощность и экономичность преобразователя выше. Некоторые же электроприборы допускают питание только постоянным напряжением.

Транзисторы VT1, VT3 могут быть любыми из серий КТ815, КТ817, КТ608; VT2, VT4 могут быть также типов КТ805, КТ903 (с любыми буквами). Выпрямительные диоды должны быть рассчитаны на работу в цепях высокой частоты (до 30 кГц), иметь обратное напряжение не менее 300 В и выпрямленный ток не менее 0,1 А. Помимо указанных на схеме можно использовать диоды КД212 (А, Б), КД213 (А-В), при этом в каждое плечо выпрямительного моста следует включать два последовательно соединенных диода, зашунтированных резисторами сопротивлением 100.. 200 кОм, мощностью 0,25 Вт (резисторы необходимы для уравнивания обратных напряжений на диодах одного плеча). Конденсаторы C1, C2 - типа КМ-6, КЛС, К10-23; C3-типа МБМ, МБГО, КБГ-МН. Резисторы - МЛТ-0,25. Переключатель SA1 - тумблер ТП1-2, выключатель Q1 - тумблер ТВ2-1, ТП1-2

Трансформатор T1 намотан на ферритовом кольцевом магнитопроводе М3000НМ типоразмера К28 × 16 × 9. Обмотка I содержит 20 витков с отводом от середины, ее следует мотать в три провода ПЭВ-2 0,41 (это сделано для возможно более полного использования сечения провода на высокой частоте). Обмотка II содержит 190 витков провода ПЭВ-2 0,31.

Преобразователь собран в любом подходящем корпусе. Около транзисторов VT2, VT4 следует предусмотреть отверстия для свободной циркуляции воздуха. В процессе работы транзисторы нагреваются до температуры 60...80°С. Они установлены на плату без радиаторов.

Тринисторные регуляторы мощности

Предположим, у вас есть электроплитка, а мощность ее не регулируется. Вот и горит спираль в полный накал тогда, когда

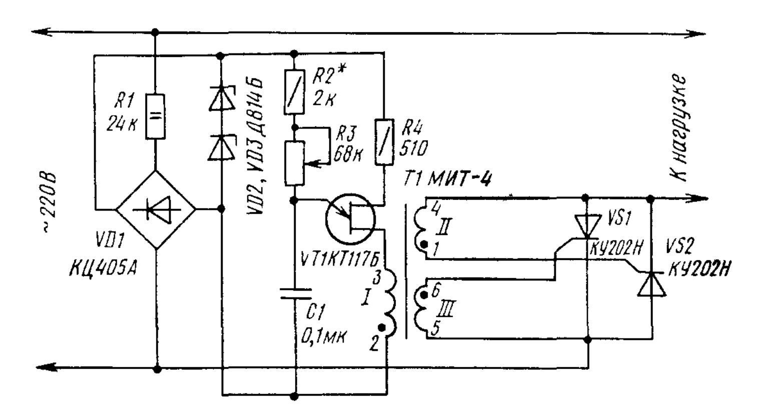


Рис. 68. Схема регулятора мощности для электроплитки

достаточно и четверти номинальной мощности, бессмысленно расходуя драгоценные киловатт-часы. Выход есть - сделать к электроплитке регулятор мощности. Схема первого варианта регулятора представлена на рис. 68. Он позволяет регулировать мощность в нагрузке, рассчитанной на включение в сеть напряжением 220 В, от 5...10 до 97...99% номинальной мощности. Коэффициент полезного действия регулятора не менее 98%.

Регулирующие элементы устройства - тринисторы VS1 и VS2 - включены последовательно с нагрузкой Изменение мощности, потребляемой нагрузкой, достигается изменением угла открывания тринисторов.

Узел, обеспечивающий изменение угла открывания тринисторов, выполнен на однопереходном транзисторе VT1. Конденсатор C1, соединенный с эмиттером транзистора, заряжается через резисторы R2 и R3. Как только напряжение на обкладках конденсатора достигнет определенного значения, однопереходный транзистор откроется, через обмотку I трансформатора T1 пройдет короткий импульс тока. Импульсы с обмотки II или III трансформатора откроют тринистор VS1 или VS2 - в зависимости от фазы сетевого напряжения, и с этого момента до конца полупериода через нагрузку будет протекать ток. Изменяя сопротивление резистора R3, можно регулировать скорость зарядки конденсатора C1 и, следовательно, угол открывания тринисторов и среднюю мощность в нагрузке.

Узел регулирования угла открывания тринисторов питается от двухполупериодного выпрямителя, выполненного по мостовой схеме (VD1). Напряжение на однопереходном транзисторе ограничено стабилитронами VD2, VD3. Конденсатор фильтра здесь отсутствует - в нем нет необходимости.

Однопереходный транзистор КТ117 можно применять с буквами А и Б. Можно использовать также аналог однопереходного транзистора, выполненный на двух биполярных транзисторах разной структуры (см. рис. 50). Мостовой выпрямитель VD1 может быть типов КЦ402, КЦ405 с любыми буквами. Можно также применить четыре диода типов Д226, Д310, Д311, Д7 с любыми буквами, включив их по схеме выпрямительного моста. При замене тринисторов VS1, VS2 на другие типы следует помнить, что они должны быть рассчитаны на подачу как прямого, так и обратного напряжения не менее 400 В. Трансформатор Т1 - типа МИТ-4 или МИТ-10. Самодельный трансформатор можно выполнить на ферритовом кольцевом магнитопроводе М2000НМ, типоразмер К20 × 10 × 6. Все обмотки выполнены проводом ПЭВ-1 0,31 и содержат по 40 витков. Намотка ведется одновременно в три провода, причем витки равномерно распределяются по телу кольца магнитопровода. Одноименные выводы обмоток на схеме обозначены точками.

Тринисторы VS1 и VS2 устанавливают на радиаторы с поверхностью охлаждения не менее 200 $см^2$ каждый. При этом максимальная мощность нагрузки может составлять 2 кВт.

Настройка регулятора мощности заключается в подборе сопротивления резистора R2 по максимальной мощности в нагрузке. Резистор R3 при этом временно замыкают проволочной перемычкой Момент отдачи в нагрузку максимальной мощности лучше всего контролировать по осциллографу. В случае применения самодельного трансформатора Т1 следует подобрать нужную полярность подключения выводов обмоток, которая должна соответствовать обозначенной на схеме.

Регулятор мощности можно использовать также совместно с маломощными электропечами, лампами накаливания и другими активными нагрузками. Описанному тринисторному регулятору мощности присущи недостатки. Во-первых, с изменением температуры в корпусе регулятора (а она будет в процессе работы увеличиваться из-за нагрева тиристоров) будет изменяться емкость конденсатора С1. Это приведет к изменению угла открывания тринисторов, а также к изменению мощности в нагрузке. Чтобы в какой-то степени устранить этот недостаток, необходимо применять конденсатор С1 с небольшими значениями ТКЕ (температурного коэффициента емкости), например К73-17, К73-24.

Во-вторых, тринисторный стабилизатор наводит высокий уровень помех в питающей сети. Эти помехи возникают в моменты скачкообразного включения тринистора. Коммутационные помехи не только распространяются через сеть, вызывая неустойчивую работу различных приборов (электронных часов, вычислительных

машин и пр.), но и мешают нормальной работе некоторых устройств, гальванически не связанных с сетью (так, в радиоприемнике, находящемся недалеко от тринисторных регуляторов, слышен треск помех). Поэтому уменьшение коммутационных помех в тринисторных регуляторах мощности является важной задачей.

Наиболее доступным способом снижения помех является такой способ регулирования, при котором переключение тринистора происходит в моменты перехода сетевого напряжения через нуль. При этом мощность в нагрузке можно регулировать числом полных полупериодов, в течение которых через нагрузку протекает ток. Недостатком такого способа регулирования по сравнению с традиционными являются большие колебания мгновенных значений мощности в нагрузке в течение периода регулирования, который значительно больше периода синусоидального напряжения и может достигать нескольких секунд. Однако для таких инерционных потребителей энергии, как электрическая печь, утюг, электроплитка, мощный электромотор, этот недостаток не является определяющим.

На рис. 69 представлена схема регулятора.

Работой тринисторного ключа VSl, подающего питание к нагрузке, управляет счетчик К155ИЕ8 (DD2), представляющий собой делитель частоты с переменным коэффициентом деления. Подачей сигналов 1 или 0 на входы V1, V2, V4, V8, V16 и V32 счетчика формируют соответствующую импульсную последовательность на выходе S1. Полный период работы счетчика состоит из 64

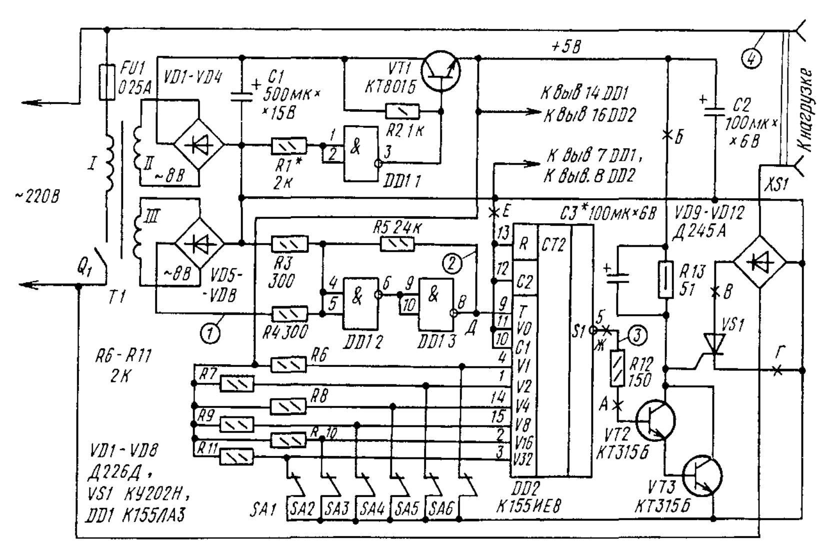


Рис. 69. Схема регулятора мощности с цифровым управлением

импульсов. Если, например, на эти входы подать уровни 1, 0, 0, 1, 1, 0, для чего надо разомкнуть соответственно контакты выключателей SA6, SA3, SA2, то на выходе S1 счетчика сформируется 25 импульсов за цикл (1+8+16=25). Число импульсов определяет мощность, выделяемую в нагрузке регулятора. Требуемый режим работы счетчика обеспечен сигналами логического 0 на входах V0, R, C1 и C2.

Тактовые импульсы частотой 100 Гц, управляющие работой счетчика, формируют логические элементы DD1.2 и DD1.3 из пульсирующего напряжения, снимаемого с выхода выпрямительного моста VD5-VD8. Электронный ключ образован составным транзистором VT2VT3, тринистором VS1 и диодным мостом VD9-VD12. Когда на выходе S1 счетчика имеется уровень логического 0, составной транзистор закрыт, тринистор в это время открыт током через резистор R13, и через нагрузку, подключенную к соединителю XS1, протекает ток. Тринистор включен в диагональ выпрямительного моста VD9-VD12, поэтому через нагрузку протекает переменный ток.

Временные диаграммы напряжения в различных точках регулятора мощности показаны на рис. 70.

Конденсатор C3 необходим для обеспечения открывания тринистора VS1 точно в моменты перехода сетевого напряжения через нуль. Дело в том, что спад прямоугольных импульсов на выходе формирователя (диаграмма 2) не совпадает с моментом перехода сетевого напряжения через нуль (диаграмма 1).

Объясняется это тем, что напряжение переключения элементов DD1.2 DD1.3 больше нуля. Конденсатор C3 обеспечивает задержку

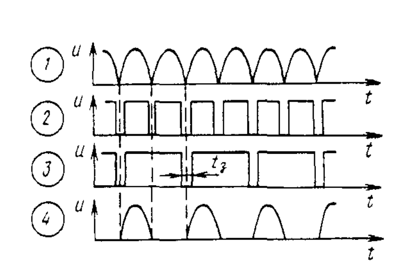


Рис. 70. Временные диаграммы, иллюстрирующие работу регулятора мощности

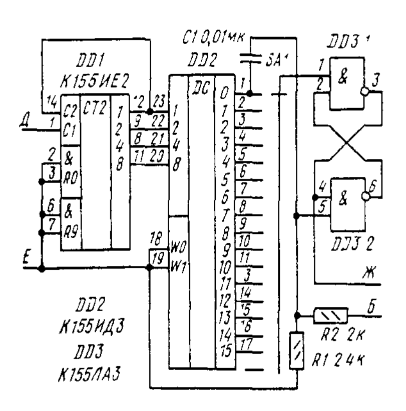


Рис. 71. Схема варианта управляющей части регулятора

включения тринистора на время t_3 и тем самым исключает преждевременное его включение.

Микросхемы и мощный ключ питает двухполупериодный выпрямитель на диодах VD1-VD4 со стабилизатором напряжения на транзисторе VT1. Функцию образцового стабилитрона выполняет логический элемент DD1 1.

Микросхему К155ЛА3 можно заменить на К158ЛА3, КР531ЛА3, К555ЛА3; транзистор КТ801Б - на КТ603, КТ604, КТ807, КТ815 с любым буквенным индексом; транзисторы КТ315Б - на любые из серий КТ312, КТ315, КТ503. Диоды VD1-VD4 - любые на выпрямленный ток не менее 100 мА; VD5-VD8 - любые из серий Д9, Д220, Д223, Д226, Д311. Мощные диоды Д245А можно заменить на Д245, Д246, Д247, Д248 с любыми буквенными индексами. Оксидные конденсаторы - К50-6, К50-3, К50-12, резисторы - МЛТ, выключатели Q1, SA1-SA6 - тумблеры ТВ2-1, Т1, ТП1-2, П1Т, МТ и др

Сетевой трансформатор Т1 выполнен на магнитопроводе ШЛ20×20. Обмотка I содержит 2000 витков провода ПЭВ-2 0,11, обмотка II - 75 витков провода ПЭВ-2 0,25, обмотка III - 75 витков ПЭВ-2 0,15. Тринистор VS1 устанавливают на теплоотводе с эффективной площадью охлаждения не менее 200 см^2, диоды VD9-VD12 - на отдельных теплоотводах с поверхностью не менее 50 см^2 каждый, транзистор VT1 - на теплоотводе с поверхностью 10...20 см^2.

При налаживании сначала, отключив временно микросхему DD2, подборкой резистора R1 устанавливают на выходе стабилизатора напряжение, равное 5 В Затем к соединителю XS1 подключают нагрузку и с помощью осциллографа проверяют форму напряжения в различных точках регулятора (она должна соответствовать рис. 70) и подбирают конденсатор С3 такой емкости, чтобы обеспечить требуемое время задержки При отсутствии осциллографа этот конденсатор подбирают по минимальному уровню помех в малогабаритном радиовещательном приемнике, размещенном возле проводов цепи нагрузки. Максимальная мощность нагрузки 2 кВт.

В данном устройстве мощность регулируют выключателями SA1-SA6. Если же вместо них установить бесконтактные ключи, например транзисторные, тогда для управления мощностью можно применять цифровые сигналы ЭВМ. Это позволяет использовать регулятор в различных системах автоматического управления технологическими процессами.

Схема возможного варианта управляющей части регулятора с использованием двоично-десятичного счетчика К155ИЕ2 и дешифратора-демультиплексора К155ИД3 представлена на рис. 71. Работает этот узел следующим образом. При подаче импульсов частотой

100 Гц на вход C1 счетчика DD1 на выходах дешифратора DD2 последовательно появляется сигнал логического 0. При таком же сигнале на выходе 0 дешифратора RS-триггер, собранный на логических элементах DD3.1, DD3.2, установится в состояние, соответствующее прохождению тока через нагрузку. Через несколько полупериодов сигнал логического 0 появится на одном из выходов дешифратора. Этот сигнал через подвижный контакт галетного переключателя SA1 будет подан на второй вход RS-триггера (вывод 1 элемента DD3.1), переключит его в другое состояние, отчего ток через нагрузку прекратится.

Чем ниже (по схеме) находится подвижный контакт переключателя SA1, тем большая средняя мощность будет выделяться на нагрузке. При крайнем нижнем положении подвижного контакта переключателя RS-триггер переключаться не будет, и нагрузка окажется включенной постоянно. При крайнем верхнем положении этого контакта триггер также не переключится, но в этом случае его состояние будет противоположным предыдущему, и нагрузка окажется выключенной. Таким образом, мощность в нагрузке можно регулировать ступенчато через 10% ее максимального значения.

Счетчик К155ИЕ2 можно заменить на К155ИЕ5, тогда период работы регулятора будет состоять не из 10, а из 16 тактовых импульсов, что позволит регулировать мощность более плавно. При этом не обязательно использовать переключатель SA1 на 17 положений - в области максимальных значений мощности можно использовать не все выходы дешифратора, а, скажем, через один.

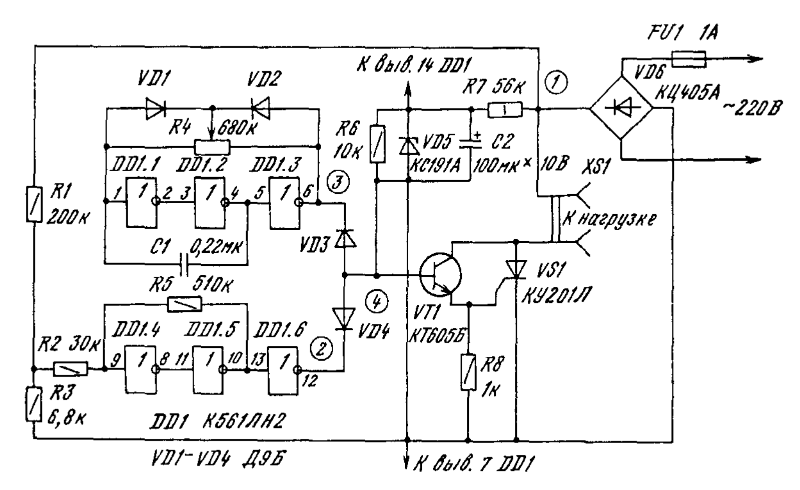


Рис. 72. Регулятор мощности с малым уровнем помех (первый вариант)

На рис. 72 представлена еще одна схема регулятора мощности с малым уровнем помех (первый вариант). Основные отличия от описанного выше регулятора состоят в следующем. Во-первых, регулирование мощности осуществляется с помощью переменного резистора. Во-вторых, регулирование мощности выполняется менее плавно, чем в предыдущем устройстве. В-третьих, данное устройство проще.

Работает регулятор следующим образом. Импульсы выпрямленного напряжения сети с мостового выпрямителя VD6 через делитель R1R3 поступают на вход формирователя, выполненного на логических элементах-инверторах DD1.4, DD1.5 и резисторах R2, R5. Формирователь работает так же, как триггер Шмитта (см. рис. 52), поэтому на выходе элемента DD1.6 присутствуют прямоугольные импульсы частотой 100 Гц (рис. 73, эпюра 2). Импульсы форми руются при приближении сетевого напряжения к нулю.

На логических элементах DD1.1-DD1.3 выполнен генератор прямоугольных импульсов частотой около 10 Гц. Скважность импульсов регулируется переменным резистором R4 (рис. 73, эпюра 3).

Импульсы формирователя и генератора суммируются через диоды VD3, VD4 на базе транзистора VT1. Транзистор VT1 открывается в том случае, когда на выходах логических элементов DD1.3 и DD1.6 имеется напряжение высокого уровня. Таким образом, транзистор VT1, а следовательно, и тринистор VS1 открыты в течение полупериодов сетевого напряжения, соответствующих наличию напряжения высокого уровня на выходе логического элемента DD1.3. Изменяя скважность импульсов генератора, можно управлять соотношением числа полупериодов открытого и

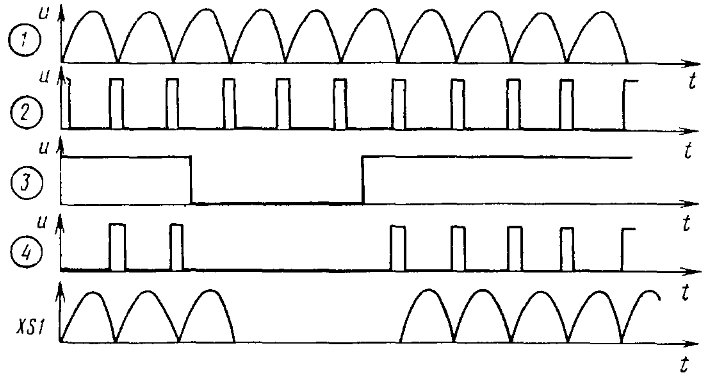


Рис. 73. Временные диаграммы работы регулятора мощности

закрытого состояний тринистора VS1, т. е средней мощностью в нагрузке (см рис 73).

Если частота генератора 10 Гц, то число ступеней (уровней) регулирования мощности составляет 100/10 = 10 Мощность в нагрузке пульсирует с частотой 10 Гц, поэтому лампу накаливания нельзя использовать в качестве нагрузки (пульсации яркости будут заметны глазу) Если, допустим, увеличить частоту генератора до 20 Гц, то число ступеней регулирования уменьшится до 5, но зато возрастет частота пульсаций мощности в нагрузке

Микросхемы питаются от параметрического стабилизатора R7VD5, пульсации сглаживаются конденсатором C2.

Микросхему К561ЛН2 можно заменить микросхемой К561ЛН1 или двумя микросхемами К561ЛА7, а также соответствующими аналогами из серии К176.

Максимальная мощность нагрузки составляет 200 Вт Если ее необходимо увеличить, следует использовать тринистор VS1, выпрямительный мост VD6 и предохранитель FU1 на больший рабочий ток. Однако при этом на диодах моста будет выделяться значительная тепловая мощность. Целесообразнее было бы в качестве регулирующего элемента использовать симистор (тогда не понадобится силовой выпрямительный мост), однако для управления симистором придется кардинально переделать схему формирования управляющих импульсов и применить для питания трансформатор, что усложнит устройство Поэтому было решено использовать тринистор, встречно-параллельно которому включен диод. Схема такого регулятора показана на рис. 74 (второй вариант). Тринистор VS1 должен быть типа КУ202Н

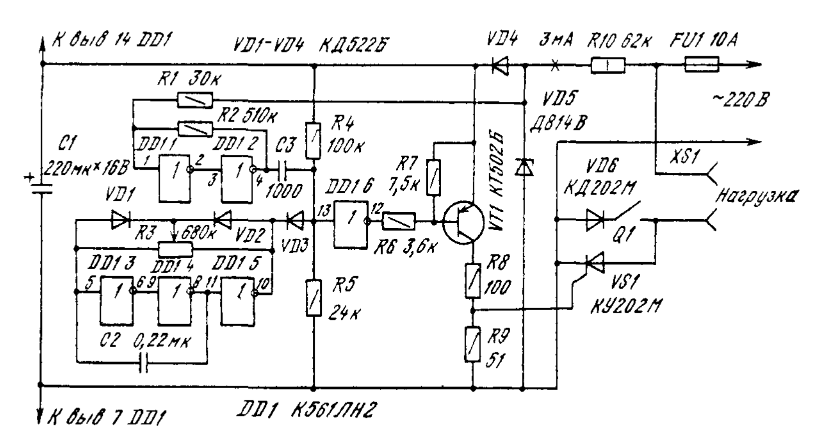


Рис. 74. Регулятор мощности с малым уровнем помех (второй вариант)

На логических элементах DD1.1, DD1 2 выполнен триггер Шмитта, а на логических элементах DD1 3-DD1 5 - генератор Поскольку управление тринистором VS1 необходимо осуществлять не в каждом полупериоде, а в каждом втором полупериоде, когда к электродам тринистора приложено прямое напряжение, на вход триггера Шмитта (правый по схеме вывод резистора R1) поступают импульсы с частотой 50 Гц, на выходе триггера при этом имеется меандр. На элементах C3, R4, R5 выполнена дифференцирующая цепь, благодаря которой на вход элемента DD1 6 поступают короткие (15 20 мкс) импульсы, соответствующие началу каждого второго полупериода Кроме того, на вход элемента DD1.6 через диод VD3 поступают импульсы с выхода генератора. На выходе элемента DD1.6 имеются короткие отрицательные импульсы, которые открывают транзистор VT1 и подают ток на управляющий электрод тринистора.

Следует сказать, что в предыдущей схеме регулятора (рис. 72) не было необходимости применять дифференцирующую цепь на выходе триггера Шмитта, поскольку триггер формировал короткие импульсы при достижении сетевым напряжением нуля.

Источник питания микросхемы и цепи управления тринистором выполнен по однополупериодной схеме на элементах R10, VD4, VD5. Благодаря большой скважности импульсов тока, протекающих через управляющий электрод тринистора (скважность равна 50...70), и наличию накопительного конденсатора C1 удалось обеспечить амплитуду импульсов тока через управляющий электрод около 100 мА при среднем токе через резистор R10 около 3 мА.

Выключатель Q1 позволяет выбирать пределы регулирования мощности в нагрузке при разомкнутых контактах мощность регулируется от нуля до 50%, при замкнутых - от 50 до 100%.

Тринистор VS1 может быть также типа Т112-10 Диод VD6 - КД202 с буквами К, М, Р; Д232 (А, Б), Д233 (А, Б), Д246 (А, Б), Д247 (А, Б). Резистор R10 - МЛТ-1 или МЛТ-2

Выключатель Q1 - тумблеры типов ТВ1, Т1-Т3. Остальные типы деталей - те же, что и в предыдущем варианте.

Тринистор VS1 и диод VD6 установлены на едином радиаторе с поверхностью охлаждения около 300 см^2. Электрическая изоляция их корпусов не требуется, поскольку у тринистора с корпусом соединен анод, а у диода - катод, которые в устройстве электрически соединены.

Мощность нагрузки определяется допустимым прямым током тринистора и диода VD6 и для указанных на схеме типов составляет 2 кВт. Для увеличения мощности до 4 кВт следует применить диод

VD6 с прямым током 10 А, а также увеличить вдвое площадь радиатора, использовать предохранитель FU1 на ток 20 А.

Зарядные устройства для аккумуляторов

Соблюдение режима эксплуатации аккумуляторных батарей, и в частности режима зарядки, гарантирует их безотказную работу в течение всего срока службы. Зарядку аккумуляторных батарей производят вполне определенным током, значение которого можно определить по формуле $I=0{,}1Q$ для кислотных и $I=0{,}25Q$ для щелочных аккумуляторных батарей, где Q - паспортная электрическая емкость аккумуляторной батареи, А-ч; I - средний зарядный ток, А.

Установлено, что зарядка чрезмерно большим током приводит к деформации пластин аккумуляторов и даже разрушению их; зарядка малым током вызывает сульфатацию пластин и снижение емкости аккумуляторной батареи. Зарядный ток, рекомендуемый в инструкции по эксплуатации аккумуляторной батареи, обеспечивает оптимальное протекание электрохимических процессов в ней и нормальную работу в течение длительного времени. Степень заряженности аккумуляторной батареи можно контролировать как по значению плотности электролита и напряжению (для кислотных), так и по напряжению (для щелочных) на полюсных выводах.

Окончание зарядки кислотной аккумуляторной батареи определяют по следующим признакам: напряжение на каждом аккумуляторе батареи достигает 2,5...2,6 В; плотность электролита достигает определенного значения и больше не изменяется; происходит обильное газовыделение - электролит "кипит"; электрическая емкость, сообщенная батарее, на 15...20% больше емкости, отданной в процессе разрядки.

Кислотные аккумуляторные батареи чувствительны к недозарядке и перезарядке, поэтому их зарядку надо заканчивать своевременно.

Щелочные аккумуляторные батареи менее критичны к режиму эксплуатации. Для них окончание зарядки характеризуется установлением на каждом аккумуляторе напряжения 1,6...1,7 В и сообщением батарее 150...160% емкости, отданной ею в процессе разрядки. Зарядное устройство обычно состоит из понижающего трансформатора, выпрямителя и регулятора тока зарядки. В качестве регуляторов тока обычно используют проволочные реостаты и транзисторные стабилизаторы тока. В обоих случаях на этих элементах выделяется значительная тепловая мощность, что снижает КПД

зарядного устройства и увеличивает вероятность выхода его из строя.

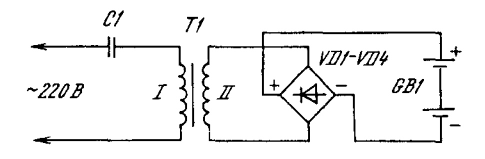


Рис. 75. Упрощенная схема зарядного устройства

Для регулировки зарядного тока можно использовать магазин конденсаторов, включаемых последовательно с первичной (сетевой) обмоткой трансформатора и выполняющих функцию реактивных сопротивлений, гасящих избыточное напряжение сети. Упрощенная схема такого устройства приведена на рис. 75. В нем тепловая (активная) мощность выделяется лишь на диодах VD1-VD4 выпрямительного моста и трансформаторе, поэтому нагрев устройства незначителен. Ток зарядки аккумуляторной батареи GB1 поддерживается на определенном уровне. В процессе зарядки напряжение на батарее увеличивается, а ток, текущий через нее, стремится уменьшиться. Но при этом возрастает приведенное сопротивление первичной обмотки трансформатора T1, напряжение на ней увеличивается, в результате чего ток через батарею GB1 изменяется незначительно.

Как показывают расчеты, наибольшее значение тока через аккумуляторную батарею при заданной емкости конденсатора C1 будет при равенстве падений напряжения на этом конденсаторе и первичной обмотке трансформатора. Первичную обмотку рассчитывают на полное напряжение сети для большей надежности устройства и возможности применения готовых понижающих трансформаторов, вторичную обмотку - на напряжение, в полтора раза большее, чем номинальное напряжение нагрузки.

В соответствии с этими рекомендациями и расчетами было собрано устройство, обеспечивающее зарядку 12-вольтовых аккумуляторных батарей током до 15 А, причем ток зарядки можно изменять от 1 до 15 А ступенями через 1 А. Предусмотрена возможность автоматического выключения устройства, когда батарея полностью зарядится. Оно не боится кратковременных коротких замыканий в цепи нагрузки и обрывов в ней.

Схема этого устройства приведена на рис. 76. Магазин конденсаторов состоит из конденсаторов C1-C4, суммарная емкость которых составляет 37,5 мкФ. Выключателями Q1-Q4 можно подключать различные комбинации конденсаторов и тем самым регулировать ток зарядки. Например, для тока зарядки, равного 11 А, необходимо замкнуть контакты выключателей Q1, Q2 и Q4.

Рассмотрим работу устройства. Допустим, что к гнездам XS1 и XS2 подключена аккумуляторная батарея и выключателями Q1-Q4 установлен требуемый зарядный ток. В этом случае при нажатии

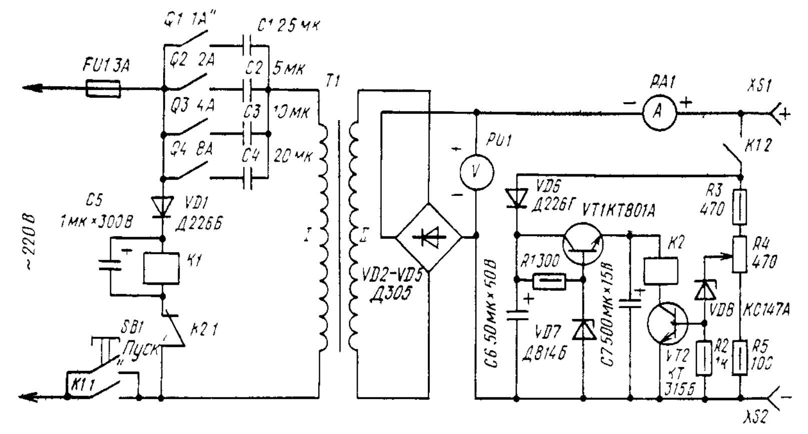


Рис. 76. Схема зарядного устройства

кнопки SB1 "Пуск" сработает реле K1, контактами K1.1 оно заблокирует кнопку SB1, а контактами K1.2 подключит к заряжаемой батарее цепь автоматического отключения устройства. Контакты K1.2 необходимы для того, чтобы батарея не разряжалась после отключения устройства от сети через диод VD6 и резисторы R3-R5.

Переменным резистором R4 устанавливают порог срабатывания реле K2 (оно должно срабатывать при напряжении на гнездах XS1 и XS2, равном напряжению полностью заряженной батареи). Когда напряжение батареи достигнет заданного значения, откроются стабилитрон VD8 и транзистор VT2. Сработает реле K2, которое контактами K2.1 обесточит обмотку реле K1, а оно, отпуская, контактами K1.1 разорвет цепь питания устройства. При нарушении контакта в цепи нагрузки напряжение на гнездах XS1 и XS2 резко возрастет, отчего также сработает реле K2 и отключит устройство от сети.

Аварийное отключение устройства происходит при любом положении движка переменного резистора R4. Но такие случаи нежелательны так как в течение времени срабатывания реле K2 и отпускания реле K1 конденсаторы C1-C4 будут находиться под повышенным напряжением (превышающим сетевое). Поэтому зарядное устройство следует включать в сеть лишь после того, как аккумуляторная батарея подсоединена к выходным гнездам. При коротком замыкании в цепи нагрузки ток через гнезда XS1 и XS2 несколько увеличивается, но для устройства это не опасно.

Все постоянные резисторы устройства - типа МЛТ-0,5; переменный резистор R4 - типа СП-1. Вместо транзистора KT801A (VT1) можно применить KT603, KT608, KT815 с любыми буквенными

индексами, вместо транзистора КТ315Б (VT2)-КТ315, КТ312, КТ503, КТ601-КТ603 с любыми буквами. Измерительные приборы PA1 и PU1 - типа М5-2, рассчитанные соответственно на ток 30 А и напряжение 30 В. Реле K1 - типа РС-13 (паспорт РС4.523.029), его контакты K1.1 - параллельно соединенные три группы контактов. Возможно применение реле типа МКУ-48, рассчитанного на переменное напряжение 220 В. В этом случае надобность в диоде VD1 и конденсаторе C5 отпадает. Реле K2 - типа РЭС-22 (паспорт РФ4.500.129). Диоды Д305 двухполупериодного выпрямителя установлены на радиаторе с поверхностью охлаждения 300 см^2, от радиатора они электрически изолированы слюдяными прокладками. Радиатор крепится к шасси из дюралюминия, которое является как бы продолжением радиатора.

Вместо диодов Д305 можно применить Д214, Д242, но в этом случае в три-четыре раза возрастает тепловая мощность, рассеиваемая на них, поэтому размеры радиатора придется увеличить. Конденсаторы C1-C4 составлены из параллельно соединенных конденсаторов КБГ-МН, МБГЧ, МБГО, МБГП, МБМ соответствующих емкостей. Номинальное напряжение конденсаторов КБГ-МН и МБГЧ, рассчитанных на работу в цепях переменного тока, должно быть не менее 350 В, всех других типов конденсаторов - не менее 600 В. Конденсаторы C5-C7 - типов К50-3, К50-6, выключатели Q1-Q4-типа ТВ2-1-2 или ТП1-2, кнопка SB1 - КП1, КМ1-1, П2К.

Сетевой трансформатор T1 выполнен на магнитопроводе ШЛ32 × 40. Обмотка I содержит 670 витков провода ПЭВ-1 0,9, обмотка II - 75 витков провода ПЭВ-2 2,26. Намотку вторичной обмотки ведут в два провода.

В качестве корпуса зарядного устройства можно использовать металлическую коробку размерами 360 × 220 × 220 мм, просверлив в ее стенках отверстия для свободной циркуляции воздуха

Налаживание смонтированного устройства сводится к подбору шунта амперметра PA1 на ток 30 А и подбору емкостей конденсаторов C1-C4, обеспечивающих требуемые зарядные токи.

При зарядке 12-вольтовых аккумуляторных батарей током 15 А КПД устройства достигает 75%, а температура внутри корпуса после 10 ч непрерывной работы не поднимается выше 40°С.

Такое устройство можно применять и для зарядки аккумуляторных батарей с напряжением менее 12 В, например 6-вольтовых мотоциклетных. Но тогда надписи около выключателей Q1-Q4 не будут соответствовать фактическим значениям зарядных токов. Фактический зарядный ток в этом случае не должен превышать 15 А.

Это зарядное устройство можно дополнить измерителем заряда, сообщенного аккумулятору. Принцип работы такого измерителя

заряда может быть основан на преобразовании напряжения в частоту (схемы преобразователей "напряжение–частота" нередко приводятся в журнале "Радио"). Напряжение следует снимать с резистора небольшого сопротивления (0,05...0,1 Ом) включенного в цепь зарядки аккумулятора. При наличии цифрового счетчика заряда несложно обеспечить автоматическое отключение устройства от сети при сообщении батарее заданного заряда. Можно также дополнить зарядное устройство реле времени, чтобы отключение аккумулятора обеспечивалось автоматически через заданное время. Продолжительность зарядки при этом рассчитывают исходя из емкости, которую необходимо сообщить аккумулятору, и значения тока зарядки. Особенно удобно использовать заряд по времени в тех случаях, когда аккумулятор разряжен до напряжения 10,5 В (для 12-вольтного аккумулятора), при этом считается, что аккумулятору следует сообщить в процессе зарядки 105...110% его номинальной емкости.

На рис. 77 представлена схема еще одного зарядного устройства, в котором ток зарядки плавно регулируется от нуля до максимального значения. Изменение тока в нагрузке достигается регулированием угла открывания тринистора VS1. Узел регулирования выполнен на однопереходном транзисторе VT2. Времязадающий конденсатор C1 заряжается коллекторным током транзистора VT1. Значение этого тока определяется положением движка переменного резистора R3. Чем больше ток, тем быстрее заряжается конденсатор C1 до напряжения открывания транзистора VT2, тем раньше открывается тринистор VS1, тем больше среднее значение тока через аккумуляторную батарею. Следовательно, зарядный ток регулируется поворотом движка переменного резистора R3. Напряжение на этот резистор поступает от подключенной к гнездам XS1 аккумуляторной батареи. Чтобы исключить зависимость зарядного

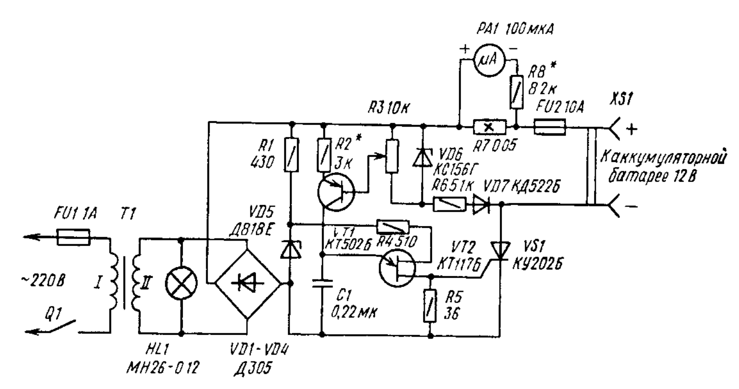


Рис. 77. Зарядное устройство с тринисторным регулятором тока

тока от напряжения на аккумуляторной батарее, напряжение на переменном резисторе R3 стабилизировано стабилитроном VD6.

Питание базы транзистора VT1 частью напряжения аккумуляторной батареи позволило обеспечить эффективную защиту зарядного устройства от неправильной полярности подключения аккумуляторной батареи к гнездам XS1, т. е. от переполюсовки. При переполюсовке диод VD7 окажется включенным в обратном направлении, напряжение на базе транзистора VT1 будет отсутствовать, конденсатор C1 не будет заряжаться и ток в нагрузке будет равен нулю. Аналогичное явление будет наблюдаться и в том случае, если к гнездам XS1 подключена нагрузка, не имеющая собственной ЭДС, а также аккумулятор с напряжением меньше 4...5 В.

Для измерения силы зарядного тока использован микроамперметр PA1 с шунтом из резисторов R7, R8. Защита устройства обеспечена со стороны сети и нагрузки предохранителями FU1 и FU2.

Налаживание зарядного устройства несложно. Подключив аккумуляторную батарею с номинальным напряжением 12 В и подав сетевое напряжение выключателем Q1, перемещают движок переменного резистора R3 в нижнее по схеме положение и подбором резистора R2 устанавливают ток в нагрузке, соответствующий максимальному значению (в данном случае 5 А). С помощью резистора R8 устанавливают предел измерения тока прибором PA1 - полное отклонение стрелки прибора должно соответствовать току 10 А.

На рис. 78 показаны временные диаграммы работы обоих описанных зарядных устройств. Ток заряда протекает через аккуму-

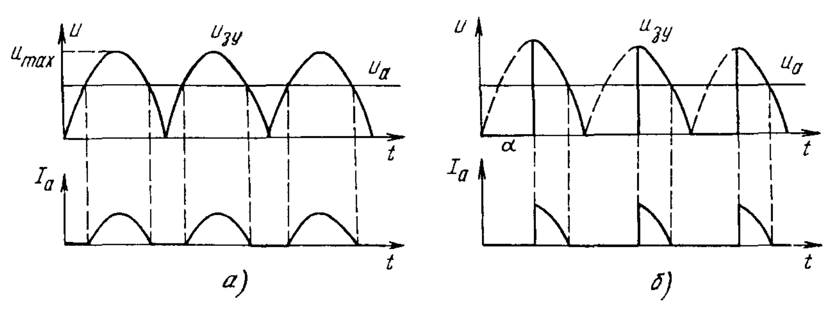


Рис. 78. Временные диаграммы работы зарядных устройств:

а - с конденсатором в цепи первичной обмотки трансформатора (см рис 76); *б* - с тринисторным регулятором тока (см рис 77); $U_{зу}$ - напряжение на выходе зарядного устройства при отключенном аккумуляторе, U_{max} - максимальное (амплитудное) значение синусоидального напряжения на выходе устройства, U_a - напряжение на зажимах аккумулятора (когда он отключен от зарядного устройства); I_a - ток заряда аккумулятора; α - угол открывания тринистора

лятор только тогда, когда $U_з < U_а$. Таким образом, форма зарядного тока отличается от синусоидальной, особенно для устройства с тринисторным регулированием. Это приводит к увеличению коэффициента формы кривой зарядного тока (коэффициент формы - это отношение действующего значения тока к среднему значению тока). Под током заряда понимают именно среднее значение тока. это значение и показывает амперметр, включенный в зарядную цепь. Действующее же значение тока характеризует тепловые потери в обмотках трансформатора, диодах выпрямительного моста и регулирующем тринисторе. Следовательно, увеличение коэффициента формы кривой тока приводит к необходимости увеличивать сечение проводов обмоток трансформатора и его мощность, применять более мощные диоды и тринисторы и устанавливать их на радиаторах большей площади Как показывает анализ, коэффициент формы растет с увеличением угла α и с увеличением отношения $U_а/U_{max}$ Так, для зарядного устройства по схеме рис. 76 при $U_а/U_{max} = 0{,}7$, коэффициент формы равен 1,5, для зарядного устройства по схеме рис. 77 при $U_а/U_{max} = 0{,}7$, $\alpha = 90°$ коэффициент формы равен 3. Это означает, что вторичная обмотка трансформатора должна быть рассчитана на ток, втрое больший зарядного тока: мощность трансформатора также должна быть втрое больше мощности, потребляемой аккумулятором.

Названное обстоятельство является существенным недостатком зарядных устройств с регулятором тока тринистором.

Значительно снизить потери мощности в тринисторе и, следовательно, повысить КПД зарядного устройства можно, если регулирующий элемент перенести из цепи вторичной обмотки трансформатора в цепь первичной обмотки. Схема такого устройства показана на рис 79 Регулирующий узел аналогичен используемому в предыдущем варианте устройства. Регулирующий тринистор VS1 включен в диагональ выпрямительного моста VD1-VD4. Поскольку ток первичной обмотки трансформатора примерно в 10 раз меньше тока заряда, на диодах VD1-VD4 и тринисторе VS1 выделяется относительно небольшая тепловая мощность и они не требуют установки на радиаторы Кроме того, значительно уменьшены потери мощности на шунте амперметра (резисторе R1) за счет включения амперметра в цепь первичной обмотки трансформатора T1 Кроме того, применение тринистора в цепи первичной обмотки трансформатора позволило несколько улучшить форму кривой зарядного тока и снизить значение коэффициента формы кривой тока (что также приводит к повышению КПД зарядного устройства). К недостатку этого устройства следует отнести гальваническую связь с сетью элементов узла регулирования, что необходимо учитывать

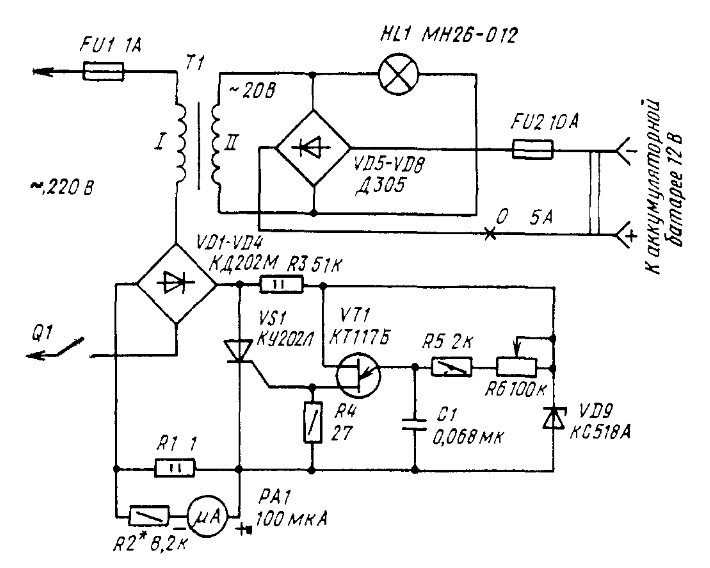


Рис. 79. Зарядное устройство с тринистором в цепи первичной обмотки трансформатора

при разработке конструктивного исполнения (например, использовать переменный резистор R6 с пластмассовой осью).

О деталях зарядных устройств. В первом варианте (рис. 77) в качестве тринистора VS1 можно применить тринисторы КУ202 с любыми буквами, а также тринисторы 2Т122-25, 2Т132-50. Во втором варианте зарядного устройства (рис. 79) можно использовать тринисторы типов КУ201 (К,Л); КУ202 (К-Н). Выпрямительные диоды, работающие в цепи вторичной обмотки, помимо указанных на схемах могут быть типов Д231-Д233 (без буквы или с буквой А). Диоды VD1-VD4 в схеме на рис 79 могут быть типов Д231-Д234, Д245, Д247 (с любыми буквами), КД202 (с буквами К, М, Р). Времязадающий конденсатор С1 должен иметь небольшой температурный коэффициент емкости во всем диапазоне рабочих температур, в противном случае ток зарядки аккумулятора будет сильно зависеть от температуры. Желательно использовать конденсаторы типов К73-17, К73-24. Трансформатор Т1 выполнен на магнитопроводе ШЛ25 × 50. Обмотка I содержит 710 витков провода ПЭВ-2 0,8, обмотка II - 65 витков провода ПБД 2,64.

В зарядном устройстве по схеме рис. 77 диоды VD1-VD4 установлены на радиаторах с поверхностью охлаждения 30.. 40 см^2 (если применены германиевые диоды типа Д305; для кремниевых диодов площадь поверхности радиаторов следует увеличить в 2. .3

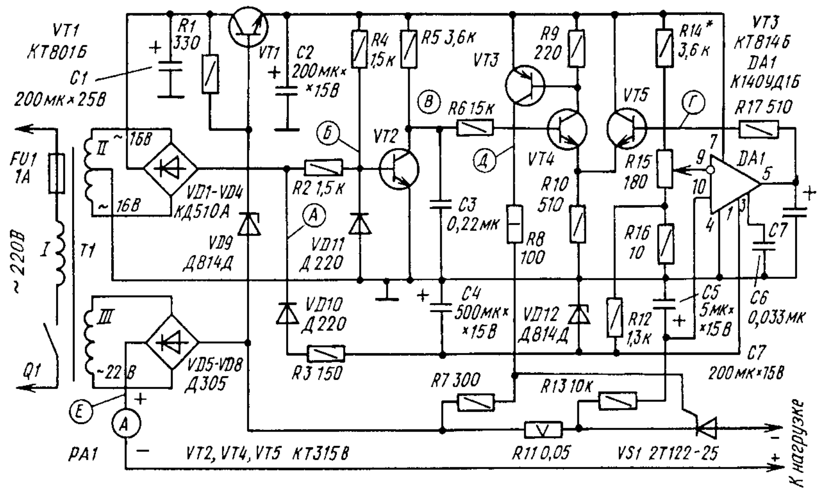


Рис. 80. Зарядное устройство со стабилизатором тока

раза). Тринистор VS1 также установлен на радиаторе с охлаждающей поверхностью не менее 30 см². В зарядном устройстве по схеме рис. 79 на радиаторы установлены только диоды VD5-VD8.

К обоим зарядным устройствам могут быть подключены аккумуляторные батареи с напряжением как 12 В, так и меньше (например, 6 В).

На рис. 80 представлена еще одна схема зарядного устройства, в котором осуществляется стабилизация тока заряда. Регулирующим элементом является тринистор. Это устройство можно использовать не только для зарядки аккумуляторов, но и во всех других случаях, когда сопротивление нагрузки изменяется, а ток должен оставаться неизменным (например, для электролиза, который радиолюбители используют для травления печатных плат, для нанесения покрытий на металлические детали).

Основные характеристики такого зарядного устройства

Максимальный ток нагрузки, А 7
Максимальное напряжение на нагрузке, В 16
Коэффициент стабилизации по току нагрузки
$K_{ст} = (\Delta U_{вх}/U_{вх})/(\Delta I_{вых}/I_{вых})$, не менее 70
Коэффициент полезного действия, %, не менее 70

Рассмотрим работу устройства по его принципиальной схеме и временным диаграммам (рис. 81), которые показаны для случая нагрузки, не содержащей источников ЭДС.

На транзисторе VT2 собран генератор пилообразного напряжения. Через резистор R4 на базу транзистора VT2 подано открываю-

щее напряжение (рис. 81, диаграмма А), а через резистор R2 с двухполупериодного выпрямителя на диодах VD1-VD4 поступает закрывающее пульсирующее напряжение (рис. 81, диаграмма Б). Суммарное напряжение на базе транзистора VT2 показано прерывистой линией Б.′ Диод VD11 ограничивает амплитуду закрывающего напряжения. Сопротивление резисторов R2 и R4 выбрано таким, что транзистор бо́льшую часть времени закрыт. Конденсатор С3 заряжается через резистор R5. Но в момент приближения сетевого напряжения к нулю транзистор VT2 открывается, разряжая конденсатор С3. На коллекторе транзистора формируется напряжение, по форме близкое к пилообразному (рис. 81, диаграмма В), Через резистор R6 оно поступает на один из входов дифференциального усилителя на транзисторах VT4, VT5, а на другой подается напряжение (рис. 81, диаграмма Г) с выхода операционного усилителя (ОУ) DA1, которое зависит от положения движка резистора R15.

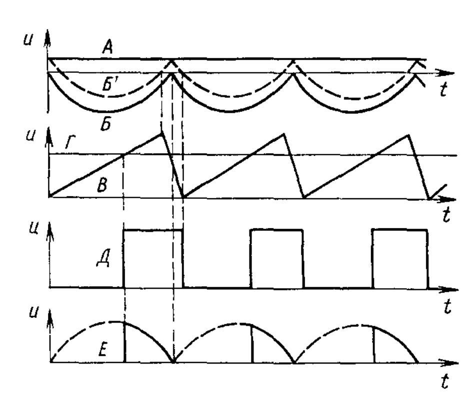


Рис. 81. Временны́е диаграммы работы зарядного устройства

Как только значения напряжения на базах транзисторов VT4 и VT5 сравняются, транзистор VT4 откроется. Вслед за ним откроется транзистор VT3 и сформирует импульс тока (рис. 81, диаграмма Д), открывающий тринистор VS1. С этого момента полупериода на нагрузку будет подано выпрямленное напряжение с обмотки II трансформатора Т1 (рис. 81, диаграмма Е). Чем больше напряжение на базе транзистора VT5, тем позже будут возникать импульсы, открывающие тринистор, и тем меньше будет средний ток через нагрузку.

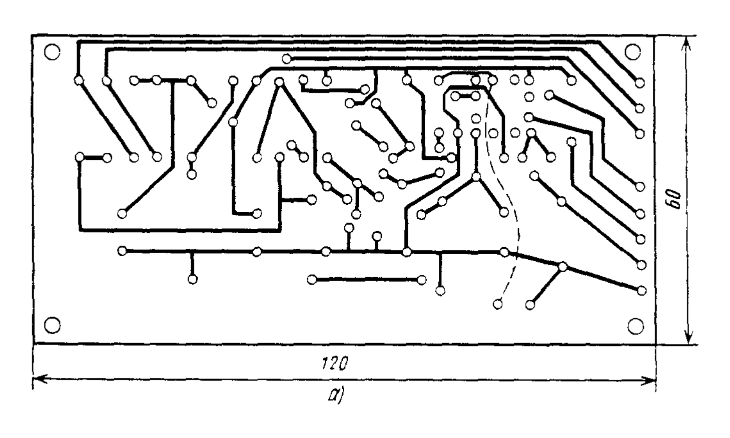
Функцию стабилизатора тока выполняет узел на ОУ DA1. Датчиком тока служит резистор R11; напряжение, снимаемое с этого резистора, пропорционально току нагрузки. Через резистор R13 оно подведено к неинвертирующему входу ОУ.

Если по какой-либо причине ток через нагрузку увеличился, то увеличивается и напряжение на неинвертирующем входе ОУ. Это приводит к соответствующему увеличению напряжения на базе транзистора VT5 и увеличению угла открывания тринистора VS1 - ток через нагрузку уменьшается. Таким образом, отрицательная

обратная связь по току нагрузки поддерживает его на заданном уровне.

Конденсаторы C5, C7 сглаживают пульсации напряжения на выходе. Резисторы R12, R16 обеспечивают подачу небольшого отрицательного напряжения на инвертирующий вход ОУ в нижнем по схеме положении движка резистора R15. Это позволяет регулировать ток нагрузки практически от нуля. Конденсатор C6 повышает устойчивость работы ОУ. На элементы устройства поступает напряжение питания от двух стабилизаторов (VD9, VT1 и VD12, R3).

В устройстве ОУ К140УД1Б можно заменить на К140УД5, К140УД6, К140УД7, К153УД2 (с соответствующей цепью коррекции); транзистор КТ801Б - на любой из серий КТ603, КТ608, КТ801, КТ807, КТ815; КТ315В - на КТ312, КТ315, КТ316, КТ201: КТ814Б - на КТ814, КТ208. Конденсаторы C1, C2, C4, C5, C7 устройства -



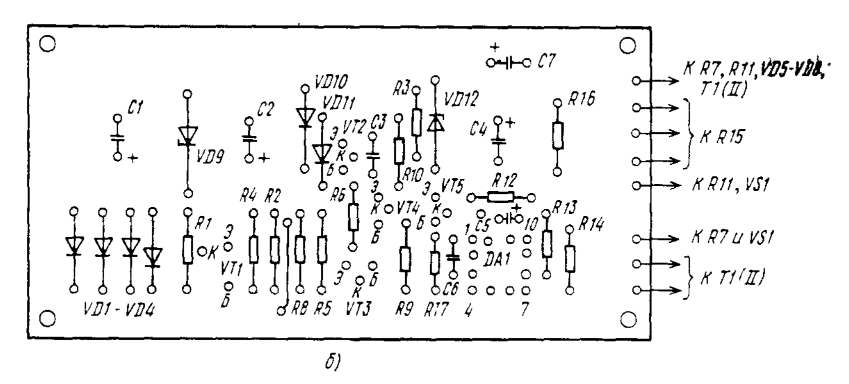


Рис. 82. Монтажная плата зарядного устройства:
а - расположение печатных проводников. *б* - расположение деталей на плате

К50-6 или К50-35; С3, С6 - КМ-6 или К10-7в, КЛС. Резистор R11 образован двумя параллельно соединенными резисторами С5-16В сопротивлением 0,1 Ом.

Диоды VD5-VD8 - типа Д305; их можно заменить на любые из серий Д242-Д248, но в этом случае возрастает рассеиваемая на каждом диоде мощность, и размеры теплоотводов придется увеличить. Амперметр РА1 - типа М5-2 с током полного отклонения стрелки 10 А.

Трансформатор Т1 выполнен на ленточном магнитопроводе ШЛ25 × 32. Обмотка I содержит 710 витков провода ПЭВ-2 0,8; обмотка II - 105 витков провода ПЭВ-2 0,21 с отводом от середины; обмотка III - 80 витков провода ПБД 2,64.

Диоды VD5-VD8 установлены на теплоотводах площадью 50... 60 $см^2$ каждый. Тринистор VS1 установлен на теплоотводе площадью не менее 200 $см^2$.

Большая часть элементов устройства смонтирована на печатной плате (рис. 82). Для налаживания устройства к его выходу подключают проволочный резистор сопротивлением 1...2 Ом и мощностью не менее 100 Вт (можно использовать нихромовую проволоку диаметром 0,5...1 мм). Движок переменного резистора R15 устанавливают в верхнее по схеме положение и подборкой резистора R14 добиваются, чтобы ток через нагрузку был равным 7 А. При вращении ручки переменного резистора ток должен плавно уменьшаться до нуля.

В заключение отметим, что применяемый тип тринистора VS1 и данные трансформатора указаны для использования в режиме зарядки аккумуляторов током до 7 А. Как уже отмечалось, запас по мощности тринистора и трансформатора необходим в связи с большим значением коэффициента формы зарядного тока. Если же устройство будет работать на нагрузку, не имеющую собственной ЭДС (например, гальваническую ванну), то мощность трансформатора может быть значительно снижена. При указанных данных устройство может отдавать в нагрузку ток до 12...15 А, однако придется подобрать сопротивление резистора R14.

На рис. 83 представлена схема зарядного устройства, которое обеспечивает автоматическую зарядку аккумуляторных батарей напряжением 6...12 В и током до 6 А. Устройство автоматически уменьшает зарядный ток в 1,5...2 раза примерно через 8 ч после начала зарядки, а через 11 ч зарядка прекращается совсем. Уменьшение зарядного тока в конце зарядки положительно сказывается на протекании электрохимических процессов в аккумуляторе.

Рассмотрим работу зарядного устройства. Допустим, что аккумуляторная батарея подключена к гнездам XS1 в соответствии с

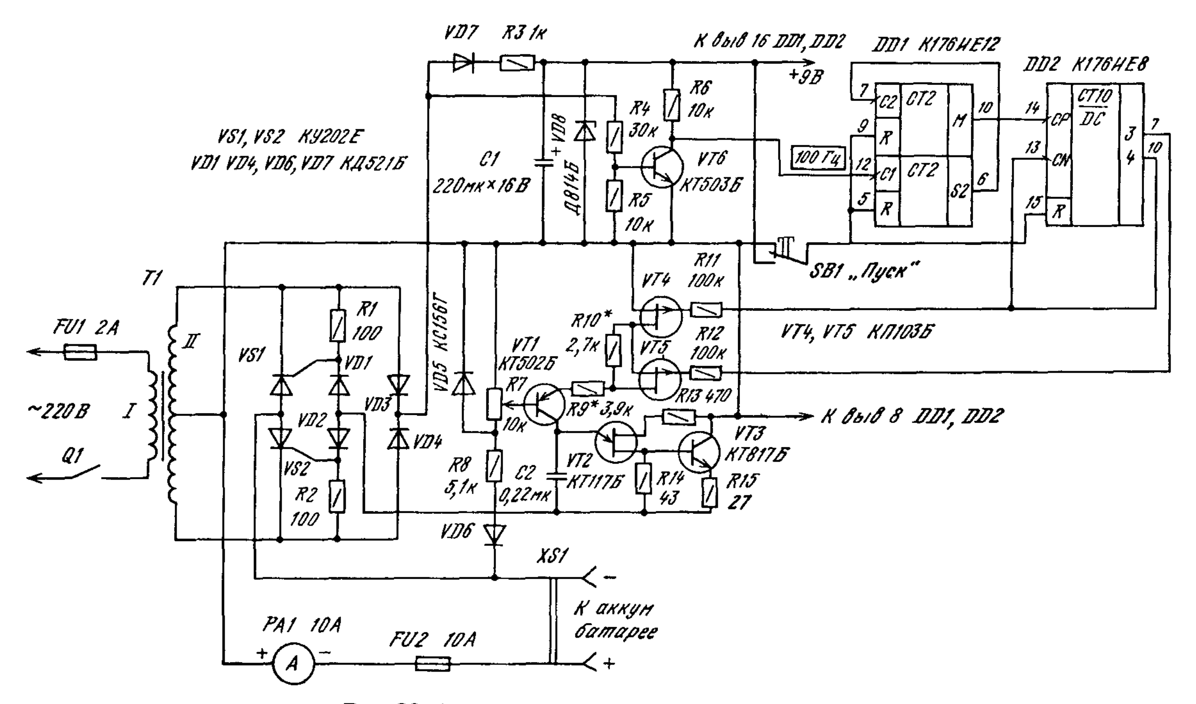


Рис. 83. Автоматическое зарядное устройство

указанной полярностью, а контакты выключателя питания Q1 замкнуты

Напряжение с выводов обмотки II трансформатора T1 подается на двухполупериодный управляемый выпрямитель, выполненный на тринисторах VS1, VS2, а затем - на зажимы аккумуляторной батареи Напряжение на управляющие электроды тринисторов поступает через диоды VD1, VD2 от узла формирования управляющих импульсов, выполненного на транзисторах VT1-VT5 Угол открывания тринисторов VS1, VS2, а следовательно, среднее значение зарядного тока задаются положением движка переменного резистора R7 (более подробно об этом можно прочитать в описании работы зарядного устройства, схема которого приведена на рис 77) Аналогичным образом в этом зарядном устройстве обеспечивается защита от переполюсовки выводов аккумуляторной батареи

Импульсы, сформированные однопереходным транзистором VT2, усиливаются по току транзистором VT3 и через диоды VD1, VD2 подаются на управляющие электроды тринисторов При положительных полуволнах напряжения вторичной обмотки работает один тринистор, а при отрицательных - другой, импульсы же управления формируются в каждом полупериоде и подаются на управляющий электрод тринистора VS1 через диод VD1, а тринистора VS2 - через диод VD2 Полевые транзисторы VT4, VT5 обеспечивают изменение зарядного тока в конце зарядки, а затем полное отключение аккумулятора Для формирования соответствующих временных интервалов используются микросхемы DD1, DD2

На счетный вход C1 микросхемы DD1 К176ИЕ12 (работа этой микросхемы подробно рассматривалась выше) подаются прямоугольные импульсы с частотой, равной удвоенной частоте сетевого напряжения, т е 100 Гц Эти импульсы формируются из двухполупериодного выпрямленного напряжения, снимаемого с диодов VD3, VD4 и поданного через резистор R4 на базу транзистора VT6 Благодаря работе транзистора в ключевом режиме с его коллектора снимаются импульсы прямоугольной формы С выхода S2 микросхемы DD1 снимаются импульсы, имеющие частоту в $2^{14} = 16\,384$ раз меньшую, чем на входе C1, эти импульсы подаются на вход второго счетчика C2, который делит частоту импульсов еще на 60 Таким образом, на выводе 10 микросхемы DD1 имеются импульсы с частотой около 0,0001 Гц, что соответствует периоду в 2,7 ч Эти импульсы поступают на вход CP счетчика-дешифратора DD2 (работа этой микросхемы также подробно рассматривалась на предыдущих страницах книги) Через время $2{,}7 \times 3 = 8{,}1$ ч на выводе 7 микросхемы DD2 появляется напряжение высокого уровня, которое через резистор R12 подается на затвор полевого транзи-

стора VT5 и закрывает его. В результате сопротивление цепи зарядки конденсатора C2 увеличивается на значение сопротивления резистора R10 и зарядный ток уменьшается в 1,5...2 раза.

Еще через 2,7 ч напряжение высокого уровня появляется на выводе 10 микросхемы DD2, что приводит к закрыванию полевого транзистора VT4. Цепь зарядки конденсатора C2 оказывается обесточенной, формирование импульсов управления прекращается и зарядный ток аккумулятора падает до нуля. Одновременно появившееся на выводе 13 (вход CN) микросхемы DD2 напряжение высокого уровня запрещает дальнейшую работу счетчика микросхемы DD2. В таком состоянии зарядное устройство может находиться до тех пор, пока вновь не будет нажата кнопка SB1 "Пуск". Нажатие этой кнопки устанавливает счетчики микросхем DD1, DD2 в нулевое состояние, и с этого момента начинается отсчет интервалов времени.

Микросхемы DD1, DD2 и формирователь импульсов на транзисторе VT6 питаются от параметрического стабилизатора R3VD8, который, в свою очередь, питается от двухполупериодного выпрямителя VD3VD4. Диод VD7 обеспечивает развязку импульсов переменного напряжения, подаваемого на формирователь VT6, от постоянного напряжения на конденсаторе C1. Формирователь управляющих импульсов питается через диоды VD1 и VD2 и управляющие электроды тринисторов.

В автоматическом зарядном устройстве могут быть использованы детали следующих типов. Тринисторы VS1, VS2 - типа КУ202 с буквами Е, И, Л, Н (тринисторы должны допускать подачу как прямого, так и обратного напряжения не менее 100 В), а также любые из серий Т10, Т112, Т132. Диоды КД521Б могут быть заменены на КД521А (В), Д223А (Б), КД102А(Б), КД106А, КД105Б. Транзистор VT1 может быть типа КТ502 (с любыми буквами), КТ361 (А, В-Е), КТ209 (Г-М); VT3 - КТ815, КТ817 с любыми буквами; VT4, VT5 - КП103 с любыми буквами; VT6 КТ315, КТ503 с любыми буквами. Конденсатор C1 - типа К50-24 или К50-16; C2-К73-17, К73-24. Переменный резистор R7 - СП3-4аМ, СП-04, СП3-9а. Кнопка SB1 - П2К или КМ1-1; выключатель питания Q1 - ТВ2-1, МТ-1, Т1.

Тринисторы установлены на общем радиаторе без применения изолирующих шайб. Радиатором может служить металлический корпус прибора.

Трансформатор T1 намотан на магнитопроводе ШЛ25 × 50. Обмотка I содержит 710 витков провода ПЭВ-2 0,8, обмотка II - 125 витков провода ПЭБ-2 1,32 с отводом от середины.

Настройку зарядного устройства осуществляют следующим образом. Правые по схеме выводы резисторов R11, R12 отсоеди-

няют от выходов микросхемы DD2 и подсоединяют к эмиттеру транзистора VT6, при этом оба полевых транзистора должны быть открыты. К гнездам XS1 подключают аккумуляторную батарею напряжением 12 В и подают напряжение питания выключателем Q1. Движок переменного резистора R7 устанавливают в нижнее по схеме положение. Подборкой сопротивления резистора R9 устанавливают максимальный зарядный ток 6 А. Затем правый по схеме вывод резистора R12 соединяют с плюсовым выводом конденсатора C1 (при этом транзистор VT5 закрывается) и подборкой сопротивления резистора R10 устанавливают ток через аккумулятор 3...4 А. После этого правые по схеме выводы резисторов R11, R12 подключают в соответствии с принципиальной схемой. Настройка на этом закончена.

Последовательность действий при работе с данным зарядным устройством такова: подключают заряжаемую аккумуляторную батарею к гнездам XS1, подают напряжение сети на первичную обмотку трансформатора T1, затем нажимают кнопку SB1 - отсчет времени начался. Примерно через 11 ч аккумулятор полностью обесточится.

Устройство для автоматической зарядки и разрядки автомобильных аккумуляторов

В процессе длительного (несколько месяцев) хранения автомобильных аккумуляторных батарей происходит их саморазряд, в связи с чем рекомендуется не реже одного раза в месяц производить подзарядку аккумуляторов. Однако обычная подзарядка не в состоянии предотвратить сульфатацию пластин, приводящую к уменьшению емкости аккумулятора и снижению срока его службы. Для того чтобы исключить эти нежелательные явления, рекомендуется время от времени производить тренировку аккумулятора: разрядку его током, в амперах численно равным 1/20 номинальной емкости, выраженной в ампер-часах, до напряжения 10,5 В, и последующую зарядку до напряжения 14,2...14,5 В. Такой зарядно-разрядный цикл можно повторять неоднократно, если батарея сильно засульфатирована или длительное время находилась в полуразряженном состоянии.

Описываемое ниже зарядно-разрядное устройство предназначено для работы совместно с зарядным устройством, обеспечивающим необходимый зарядный ток. Устройство позволяет:

производить разрядку аккумулятора до напряжения 10,5 В;

автоматически начинать зарядку по окончании разрядки;

вести зарядку асимметричным током при соотношении зарядной и разрядной составляющих равном 10;

прекратить зарядку аккумулятора при достижении напряжением на зажимах аккумулятора значения 14,2...14,5 В, что соответствует сообщению аккумулятору его полной номинальной емкости;

контроль напряжения происходит в момент, когда зарядный ток через аккумулятор не протекает;

прекратить разрядку аккумулятора при пропадании сетевого напряжения;

производить циклы разрядки-зарядки однократно или многократно.

Рассмотрим работу устройства по его принципиальной схеме, приведенной на рис. 84.

Зарядно-разрядное устройство состоит из собственно зарядного устройства (ЗУ), обозначенного на схеме прямоугольником, и электронного узла управления. Питание узла управления осуществляется от аккумуляторной батареи.

В качестве порогового элемента (компаратора), вырабатывающего сигнал при достижении напряжением на аккумуляторе значения свыше 14,2...14,5 В и при снижении до 10,5 В, используется интегральный таймер КР1006ВИ1 (микросхема DA1). Напомним кратко, как работает эта микросхема. Таймер содержит два основных входа: вход запуска (вывод 2) и пороговый вход (вывод 6). На этих входах происходит сравнение внешних напряжений с эталонными значениями, составляющими для указанных входов соответственно 1/3 $U_{пит}$ и 2/3 $U_{пит}$, где $U_{пит}$ - напряжение питания таймера, поданное на вывод 8 относительно общего вывода 1. Если на выводе 6 действует напряжение меньше 2/3 $U_{пит}$, то уменьшение напряжения на выводе 2 до значения, меньшего 1/3 $U_{пит}$, приведет к установке таймера в состояние, когда на выходе Q (вывод 3) действует напряжение высокого уровня. При последующем повышении напряжений на входах соответственно больше 1/3 $U_{пит}$ и 2/3 $U_{пит}$ таймер переключится в другое устойчивое состояние, которому соответствует напряжение низкого уровня на выходе таймера.

Вывод 5 таймера служит для контроля значения образцового напряжения, а также для возможного изменения его значения с помощью внешних элементов. В данном случае образцовое напряжение стабилизировано стабилитроном VD3. Это сделано для повышения устойчивости работы компаратора при отслеживании медленно изменяющихся напряжений. Этой же цели служит и стабилизация напряжения питания таймера параметрическим стабилизатором VD2R8. Нижний и верхний пороги срабатывания компаратора можно изменять подстроечными резисторами R10 и R9.

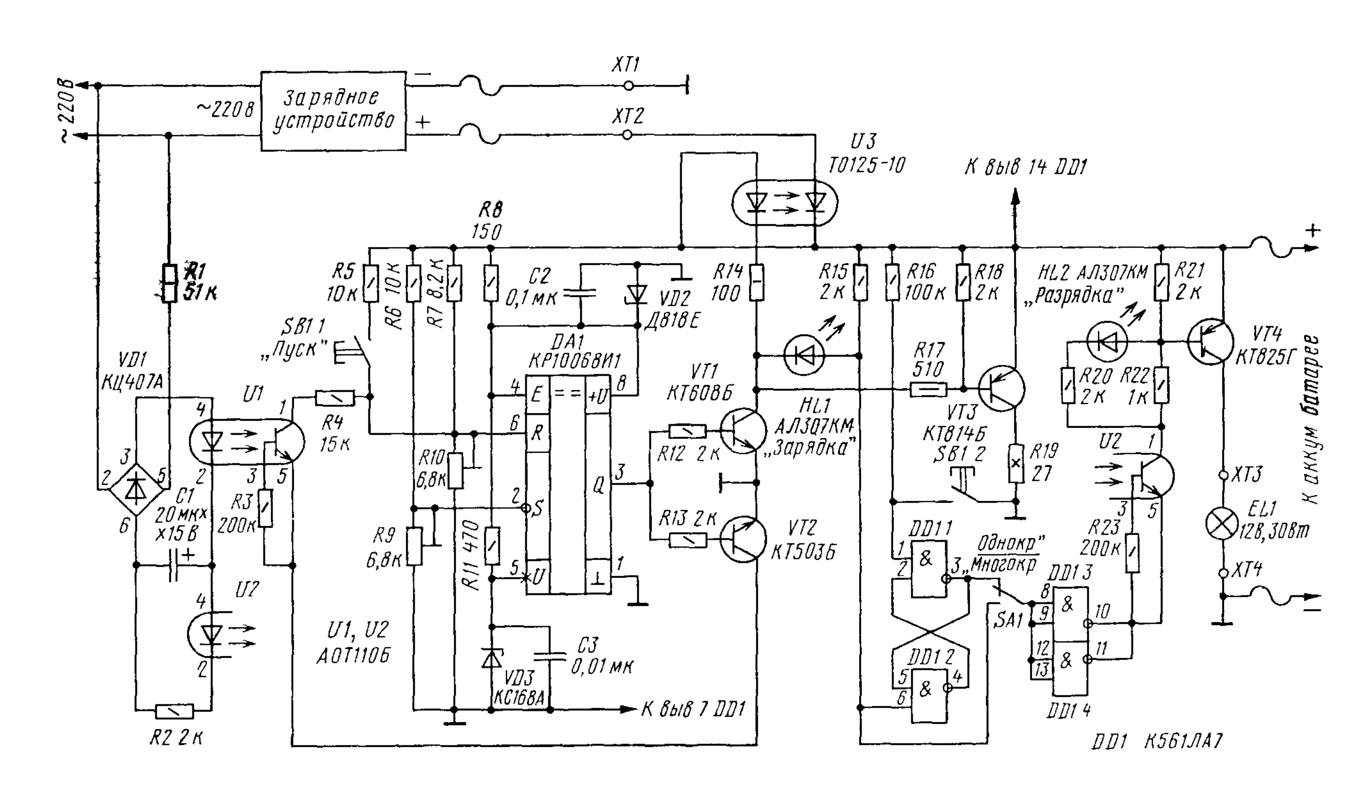


Рис. 84. Устройство для автоматической зарядки и разрядки автомобильных аккумуляторов.

Допустим, что аккумуляторная батарея и ЗУ подключены к устройству и в сети присутствует напряжение 220 В. Напряжение не слишком сильно разряженного 12-вольтового аккумулятора обычно составляет 12...12,6 В. При этом интегральный таймер установится в состояние, соответствующее напряжению высокого уровня на его выходе, и транзистор VT1 будет открыт. Будет светиться светодиод HL1, индицирующий режим заряда. Однако, как правило, степень разряженности подключенного аккумулятора неизвестна, и перед началом зарядки его следует разрядить до напряжения 10,5 В. Для включения режима разрядки кратковременно нажимают кнопку SB1 "Пуск". При этом через контакты SB1.1 на вывод 6 таймера подается напряжение, переключающее его в противоположное состояние, и светодиод HL1 гаснет. Одновременно контакты SB1.2 подают на RS-триггер DD1.1DD1.2 сигнал, устанавливающий его в состояние напряжения высокого уровня на выходе логического элемента DD1.1

При показанном на схеме положении контактов переключателя SA1 на выходах логических элементов DD1.3, DD1.4, включенных инверторами, действует напряжение низкого уровня. Если транзистор оптопары U2 открыт, то через базу транзистора VT4, резистор R22, транзистор оптопары и выходы логических элементов DD1.3 и DD1.4 протекает ток, достаточный для насыщения составного транзистора VT4. При этом через лампу накаливания EL1, подключенную к зажимам XT3, XT4, начинает протекать разрядный ток аккумулятора. Разрядный ток в данном случае составит около 2,5 А, что соответствует режиму 20-часового разряда аккумулятора 6СТ55. При разрядке аккумулятора иной емкости следует применять лампу EL1 другой мощности, выбранной с учетом указанных выше соображений.

В устройстве предусмотрено отключение цепи разрядки при пропадании сетевого напряжения. Для этой цели используется транзисторная оптопара U2. Напряжение сети через резистор R1 подается на диодный мост VD1, выпрямляется им и подается на последовательно соединенные светодиоды оптопар U1 и U2. Конденсатор C1 и резистор R2 образуют фильтр, который сглаживает пульсации тока, протекающего через светодиод оптопары U2. Пока в сети имеется напряжение, через светодиод оптопары U2 протекает ток, фототранзистор открыт и выходной ток логических элементов DD1.3 и DD1.4 протекает через базу транзистора VT4, открывая последний. Идет разрядка аккумулятора на лампу EL1. При пропадании сетевого напряжения фототранзистор оптопары закрывается, это приводит к закрыванию транзистора VT4 и прекращению разрядки аккумулятора.

По мере разрядки аккумулятора напряжение на его зажимах уменьшается. Когда оно достигнет 10,5 В, интегральный таймер DA1 переключится в противоположное предыдущему состояние, которому соответствует напряжение высокого уровня на выходе Q. При этом откроются транзисторы VT1 и VT2. Открывание транзистора VT1 вызовет подачу напряжения на светодиод оптопары U3, зажигание светодиода HL1 "Зарядка", переключение RS-триггера DD1 1DD1.2, а также открывание транзистора VT3. Переключение RS-триггера приведет к появлению напряжения высокого уровня на выходах логических элементов DD1.3, DD1.4. Светодиод HL2 погаснет, транзистор VT4 закроется и разрядка аккумулятора прекратится. Одновременно через открывшийся фототиристор оптопары U3 напряжение с выхода зарядного устройства ЗУ будет подано на выводы аккумуляторной батареи, и начнется ее зарядка.

Ток зарядки устанавливают в соответствии с инструкцией по эксплуатации аккумуляторной батареи, т.е. равным 1/10 или 1/20 емкости батареи. Если зарядка идет без контроля оператора, следует обеспечить ограничение колебаний зарядного тока при возможных колебаниях сетевого напряжения. Самый простой способ стабилизации тока - включение двух-трех параллельно соединенных автомобильных ламп мощностью 40...50 Вт в разрыв одного из выходных проводов зарядного устройства. Такой же эффект может быть достигнут включением лампы напряжением 220 В и мощностью 200...300 Вт в разрыв одного из входных (сетевых) проводов ЗУ. Сопротивление вольфрамовой нити ламп накаливания возрастает с увеличением температуры, т.е лампа обладает свойствами стабилизатора тока.

Зарядный ток содержит дозированную разрядную составляющую, что благотворно сказывается на протекании электрохимических процессов в батарее. Разрядная составляющая тока протекает через резистор R19 и транзистор VT3 и равна примерно 0,5 А.

В процессе зарядки напряжение на полюсных выводах аккумулятора плавно увеличивается. Известно, что напряжение полностью заряженной батареи составляет 14,2...14,5 В. Измерение этого напряжения следует производить в отсутствие зарядного тока, поскольку импульсы зарядного тока в зависимости от степени разряженности аккумуляторной батареи увеличивают мгновенное значение напряжения на ее зажимах на 1...3 В по сравнению с режимом, когда ток зарядки не протекает. Для обеспечения такого режима измерения в устройстве использованы элементы U1, R4, VT2. В режиме зарядки транзистор VT2 открыт. На рис. 85 показаны эпюры напряжений и токов, поясняющие работу оптопар U1 и U2.Напряжение сети (эпюра 1) выпрямляется диодным мостом

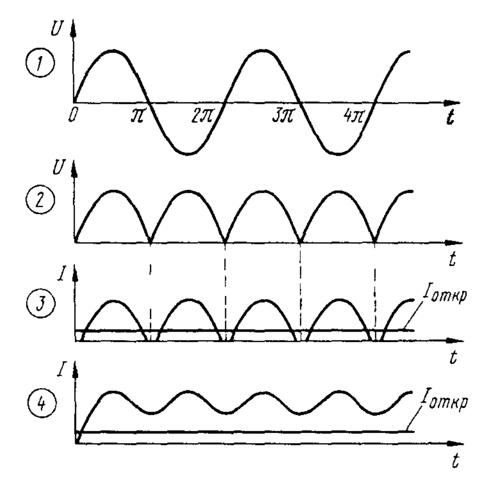


Рис. 85. Эпюры напряжений и токов устройства

(эпюра 2) и подается на светодиоды оптронов U1 и U2. Фототранзистор оптрона U1 открывается в моменты, когда ток через светодиод этого оптрона (эпюра 3) превышает ток открывания фототранзистора. При этом резистор R4 шунтирует подстроечный резистор R9, и верхний порог срабатывания интегрального таймера DA1 значительно увеличивается Фототранзистор открыт бóльшую часть периода сетевого напряжения, и лишь в моменты перехода сетевого напряжения через нуль фототранзистор закрывается, и порог срабатывания таймера уменьшается до 14,2. .14,5 В. Именно в это время через аккумулятор не протекает ток зарядки. Такое измерение производится в каждом полупериоде, т.е. 100 раз в секунду. Длительность измерения составляет 1...3 мс. Как только напряжение на аккумуляторе достигнет в отсутствие тока зарядки 14,2.. 14,5 В, таймер DA1 переключится в противоположное состояние, и зарядка прекратится. Однако разрядка не начнется, поскольку RS-триггер не изменит своего состояния. Закончился один цикл работы устройства В таком состоянии устройство может находиться несколько суток, поскольку потребляемый им от аккумулятора ток достаточно мал (20...30 мА) и не может вызвать его существенной разрядки.

Если необходима многократная тренировка батареи разрядно-зарядными циклами, контакты переключателя SA1 переводят в нижнее по схеме положение. В этом случае RS-триггер не будет задействован, и режимы зарядки и разрядки будут чередоваться до тех пор, пока не будет выключено сетевое напряжение либо не будет отключен заряжаемый аккумулятор.

Конденсаторы С2, С3 повышают помехоустойчивость работы таймера Резисторы R18, R21 обеспечивают надежное удержание транзисторов VT3, VT4 закрытыми в отсутствие тока базы.

В устройстве вместо КТ608Б можно применять любые транзисторы из серий КТ603, КТ608, КТ3117, КТ815, вместо КТ503Б-КТ315, КТ501, КТ503, КТ3117 с любыми буквами; вместо КТ814Б - любой из серий КТ814, КТ816, КТ818, КТ837 и вместо КТ825Г - любой из этой серии. Оптопары U1,U2 годятся любые из серий АОТ101, АОТ110, АОТ123, АОТ128, может лишь потребоваться уточнение сопротивления резисторов R3 и R23 по надежному открыванию фототранзисторов. В качестве оптопары U3 можно использовать оптронные тиристоры ТО2-10, ТО2-40, ТСО-10. Диодный мост VD1 может быть также типов КЦ402, КЦ405 с буквами А-В

Стабилитрон VD2 желательно использовать с небольшим температурным коэффициентом напряжения, например, Д818 с другими буквами. Оксидный конденсатор С1 - К50-16, К50-35, К50-29; С2, С3 - КМ-6б, К10-23, К73-17. Подстроечные резисторы R9, R10 - любые многооборотные, например, СП5-2. Резистор R19 - типа ПЭВ мощностью 10 или 15 Вт. Остальные - МЛТ, ОМЛТ, С2-23. Кнопка SB1, переключатель SA1 - любого типа, например, КМ2-1 и МТ1.

Зарядное устройство ЗУ, являющееся источником зарядного тока, обязательно должно иметь на выходе пульсирующее напряжение - это необходимо для нормальной работы узла на оптопаре U1.

Бóльшая часть элементов устройства установлена на печатной плате. Оптопара U3 и транзистор VT4 установлены на радиаторах с поверхностью охлаждения 100 ..150 см^2. Плата установлена в любом корпусе подходящих размеров (например, $260 \times 100 \times 70$ мм). Соединения, по которым протекает ток зарядки и разрядки, должны быть выполнены проводами сечением не менее 2 мм^2. Провода, соединяющие устройство с аккумуляторной батареей, желательно выбрать гибкими.

Для налаживания устройства потребуются источник постоянного напряжения, регулируемого в пределах 9...15 В и током не менее 0,6 А, и вольтметр.

Зарядное устройство и лампу EL1 временно отключают от устройства, а вместо аккумулятора подключают источник постоянного напряжения. Установив по вольтметру напряжение 10,5 В, подстроечным резистором R10 устанавливают нижний порог срабатывания компаратора, а затем, установив напряжение 14,2.. 14,5 В, подстроечным резистором R9 устанавливают верхний порог. О срабатывании компараторов таймера судят по зажиганию светодиодов HL1 и HL2.

Если имеется осциллограф, его вход подключают параллельно резистору R9, и при подключенном аккумуляторе и при поданном напряжении сети наблюдают кратковременное периодическое увеличение напряжения на выводе 6 микросхемы DA1, соответствующее моменту прохождения сетевого напряжения через нуль. При отсутствии осциллографа можно обойтись вольтметром, который также подключают к резистору R9. На нем замеряют напряжение, когда сетевое напряжение подано на мост VD1 через резистор R1, а затем напряжение сети отключают. Напряжение на резисторе R9 должно несколько увеличиться. В противном случае следует проверить исправность оптопары U1.

На этом настройку можно считать законченной.

Регуляторы для холодильников

Подавляющее большинство бытовых холодильников оснащены датчиком температуры. Пока температура среды, окружающей датчик, выше требуемой, контакты датчика замкнуты и компрессор холодильника работает, нагнетая хладагент в камеру охлаждения. При понижении температуры контакты датчика размыкаются и отключают электродвигатель компрессора. Затем цикл работы повторяется. Таким образом температура в холодильнике поддерживается на постоянном уровне, определяемом настройкой датчика.

Когда датчик выходит из строя, возникает необходимость ремонта холодильника. Холодильник можно сделать вновь работоспособным, если собрать несложное устройство, которое будет регулировать периоды включенного и выключенного состояний компрессора холодильника и, следовательно, температуру холодильного шкафа. Правда, такая система регулирования работает без обратной связи, но опыт эксплуатации подобного устройства показал, что оно обеспечивает неплохую точность поддержания температуры.

Принципиальная схема регулятора представлена на рис. 86. Генератор прямоугольных импульсов и 15-разрядный делитель частоты выполнены на микросхеме К176ИЕ5. Элементы времязадающей цепи генератора (R1 и C1) подключены к выводам 9 и 11 микросхемы, а выходные импульсы снимаются с выхода последнего разряда делителя (вывод 5 микросхемы). Входы установки исходного состояния триггеров R и S постоянно соединены с общим проводом.

Прямоугольные импульсы с периодом следования около 1,5 мин поступают на вход CN микросхемы DD2 (на второй счетный вход CP этой микросхемы подано напряжение высокого уровня, разрешающее счетный режим по входу CN). Микросхема К176ИЕ8 содержит

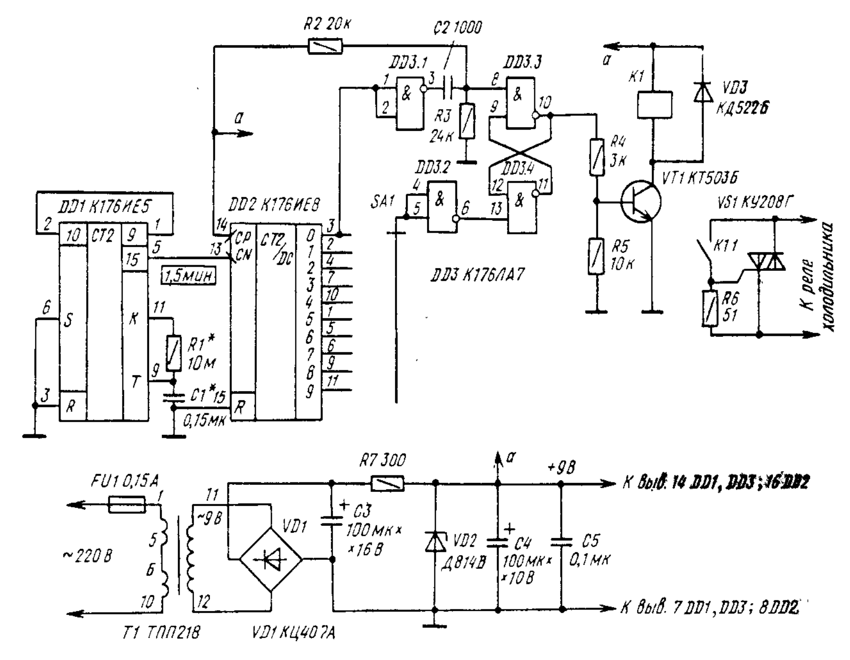


Рис. 86. Схема регулятора для холодильника (без обратной связи)

двоично-десятичный счетчик, совмещенный с дешифратором двоично-десятичного кода в позиционный код. При поступлении счетных импульсов напряжение высокого уровня появляется последовательно на выходах 0, 1, ... , 9.

На логических элементах DD3.3 и DD3.4 выполнен RS-триггер, управляющий исполнительной цепью. Допустим, что питание подано на элементы устройства, а RS-триггер DD3.3DD3.4 находится в состоянии, при котором на выводе 10 микросхемы DD3 присутствует напряжение высокого уровня. Через делитель R4R5 оно поступает на базу транзистора VT1, открывая последний. Электромагнитное реле K1 срабатывает, и контакты K1.1 подают ток на управляющий электрод симистора VS1. Симистор находится в проводящем состоянии, и, поскольку он включен в цепь питания реле компрессора холодильника, охлаждающий агрегат работает. Допустим, что подвижный контакт переключателя SA1 соединен с выходом 7 микросхемы DD2. При появлении на этом выходе напряжения высокого уровня на выходе логического элемента DD3.2 возникнет напряжение низкого уровня, которое переключит триггер DD3.3DD3.4 в противоположное состояние. Транзистор VT1 и симистор VS1 закроются, и компрессор холодильника выключится.

При появлении напряжения высокого уровня на выходах 8 и 9 триггер не изменит своего состояния. Когда напряжение высокого уровня появится на выходе 0 микросхемы DD2, спад импульса с выхода элемента DD3.1 через дифференцирующую цепь C2R2R3 переключит триггер в состояние, противоположное предыдущему; симистор VS1 вновь откроется и включит холодильник. Таким образом, длительности включенного и выключенного состояний холодильника определяются положением подвижного контакта переключателя SA1: чем ниже (по схеме) находится этот контакт, тем больше длительность включенного состояния холодильника, тем ниже температура в холодильном шкафу.

Элементы регулятора питаются от простейшего параметрического стабилизатора с фильтром C3R7VD2C4.

Микросхемы К176ИЕ8 и К176ЛА7 можно заменить соответствующими аналогами из серии К561; микросхема К176ИЕ5 аналогов в других сериях не имеет. В качестве транзистора VT1 можно использовать КТ315, КТ503, КТ3117 с любыми буквенными индексами. Трансформатор Т1 - любого типа, обеспечивающий напряжение на вторичной обмотке 9...12 В при токе не менее 50 мА. Реле К1 - РЭС-64, паспорт РС4.569.724 (725, 726). При отсутствии симистора КУ208Г можно использовать тиристор; при этом контакты реле К1.1 включают между анодом и управляющим электродом. Понадобится также выпрямительный мост, который "плюсом" подключают к аноду тиристора, а "минусом" - к катоду; выводы переменного напряжения от моста подключают в разрыв цепи питания реле компрессора.

Регулятор, собранный из исправных деталей и без ошибок, в налаживании не нуждается. В случае необходимости период следования импульсов генератора можно изменить подбором элементов R1 и C1.

На рис. 87 представлена схема терморегулятора для холодильника, в котором имеется обратная связь по температуре (первый вариант). Датчиком температуры в холодильнике является терморезистор R3. Когда температура в холодильном шкафу ниже заданной, сопротивление терморезистора велико, и на вход триггера Шмитта, выполненного на логических элементах DD1.1, DD1.2, с делителя R1R2R3 подается напряжение, при котором на выходе триггера действует напряжение высокого уровня. При этом на выходах элементов DD1.3, DD1.4, соединенных параллельно для увеличения выходного тока, имеется напряжение низкого уровня. Через открытый диод VD1 это напряжение приложено к эмиттеру однопереходного транзистора VT1, на котором выполнен генератор

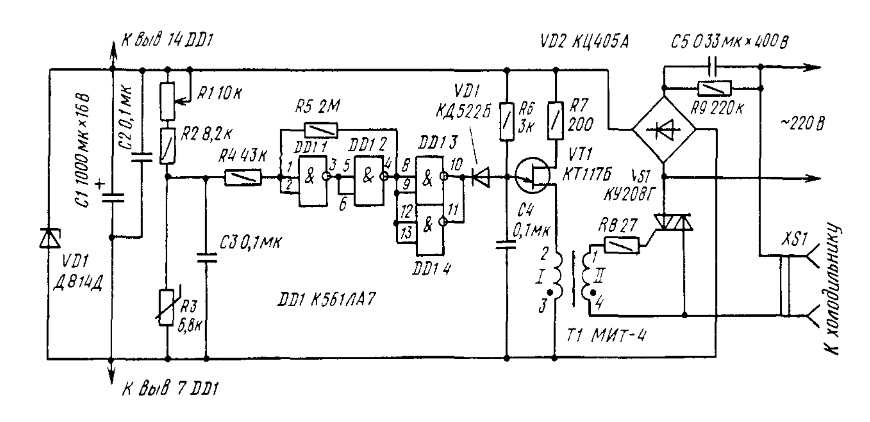


Рис. 87. Схема регулятора для холодильника с обратной связью (первый вариант)

управляющих импульсов для симистора. Конденсатор С4 не может заряжаться, и генератор заторможен, импульсы на обмотке II трансформатора Т1 отсутствуют, симистор VS1 выключен, компрессор холодильника не работает. За счет проникновения в холодильную камеру тепла окружающей среды температура в камере повышается, что приводит к уменьшению сопротивления терморезистора. При определенном значении температуры триггер переключится в состояние, при котором на его выходе (вывод 4 микросхемы DD1) установится напряжение низкого уровня. Оно инвертируется элементами DD1.3 и DD1.4 и подается на диод VD1, закрывая его. Теперь конденсатор С4 может заряжаться через резистор R6. Этот процесс зарядки-разрядки происходит периодически, и на вторичной обмотке трансформатора Т1 появляются импульсы частотой около 1...2 кГц, которые открывают симистор. На холодильник подается напряжение, и компрессор включается. Такой процесс периодически повторяется, в результате температура воздуха в холодильной камере поддерживается на заданном уровне с точностью не хуже ±0,5 град.

Источник питания терморегулятора - бестрансформаторный. Конденсаторы С5 гасит избыточное напряжение, а выпрямительный мост выпрямляет его. Напряжение стабилизируется стабилитроном VD1, пульсации сглаживаются конденсатором С1. Конденсатор С2 фильтрует помехи, поступающие из сети и способные вызвать ложные срабатывания триггера Шмитта. Для этого используют и конденсатор С3.

Датчик температуры R3 помещают на 10...15 см ниже дна холодильной камеры. Переменным резистором R1 в холодильной

камере устанавливают желаемую температуру. Ее удобно контролировать по термометру, помещенному в холодильную камеру.

Типономиналы использованных деталей указаны на схеме; их возможные замены, думается, не вызовут затруднений. Заметим лишь, что конденсатор C5 - типа К73-17, а терморезистор R3 - КМТ-1, КМТ-4, КМТ-12, ММТ-6.

На рис. 88 представлена схема второго варианта терморегулятора для холодильника с обратной связью. Отличие от схемы первого варианта (см. рис. 87) состоит в том, что для управления симистором применено электромагнитное реле K1, контакты K1.1 которого соединяют управляющий электрод симистора с его анодом, открывая симистор. Резистор R6 обеспечивает надежное закрывание транзистора VT1 при напряжении высокого уровня на выходе логического элемента DD1.4 (когда ток базы этого транзистора равен нулю). Диод VD1 гасит импульсы ЭДС самоиндукции, возникающие на обмотке реле K1 в момент его выключения, и тем самым предохраняет от пробоя транзистор VT1. Для повышения помехоустойчивости датчик температуры следует соединять с терморегулятором экранированным проводом.

Какому терморегулятору отдать предпочтение - с обратной связью или без нее? С одной стороны, обратная связь позволяет более точно поддерживать заданную температуру в холодильном шкафу. С другой стороны, наличие триггера с узкой зоной нечувствительности делает терморегулятор чувствительным к различным помехам, поступающим по сетевым проводам. Кроме того, при высокой температуре окружающей среды может оказаться, что холодильный агрегат не в состояний обеспечить заданную низкую

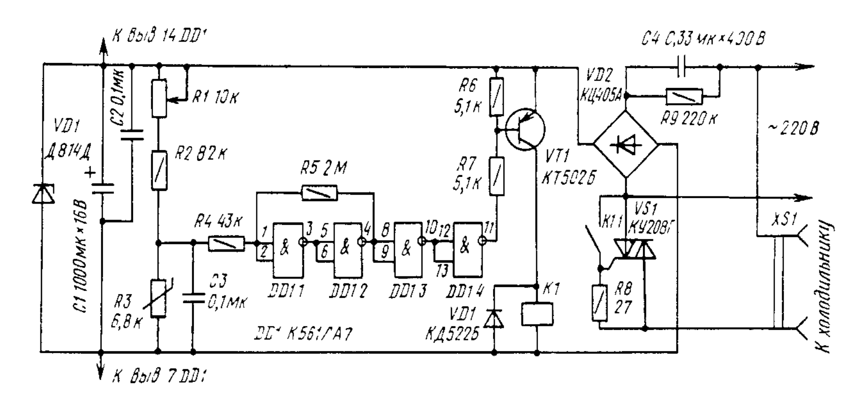


Рис. 88. Схема регулятора для холодильника с обратной связью (второй вариант)

температуру, в результате чего компрессор будет все время работать. И хотя в холодильниках имеется защитное тепловое реле мотора компрессора, такой режим нежелателен.

У автора уже на протяжении восьми лет эксплуатируется терморегулятор без обратной связи (рис. 86), и он показал хорошие результаты. Температура контролируется по термометру. С наступлением теплого времени года подвижный контакт переключателя SA1 нужно перемещать вниз по схеме, обеспечивая бóльшую относительную длительность включенного состояния компрессора.

Автоматы лестничного освещения

Известно, что на ночное освещение подъездов жилых домов тратится огромное количество электроэнергии, причем бóльшую часть времени свет горит впустую. Чтобы избежать ненужных затрат энергии, необходимо оснастить подъезды домов автоматами, включающими на непродолжительное время свет только тогда, когда в этом есть необходимость. Ниже приведены схемы двух вариантов автоматов лестничного освещения.

Схема первого из них представлена на рис. 89. Допустим, что питание подано на устройство, а конденсатор C2 разряжен. Стабилитрон VD2 и составной транзистор VT1VT2 в это время закрыты; на базу транзистора VT3 через резистор R3 подается положительное напряжение, открывающее этот транзистор. В цепи управляющего электрода тринистора VS1 течет ток, тринистор открыт и на этажах горят осветительные лампы (на схеме они обозначены EL1). По мере зарядки конденсатора C2 через резистор R2 напряжение на его обкладках увеличивается. Когда оно достигает напряжения стабилизации стабилитрона VD2, последний открывается, затем открываются транзисторы VT1, VT2, а транзистор VT3 закрывается. Тринистор VS1 также закрывается, и осветительные

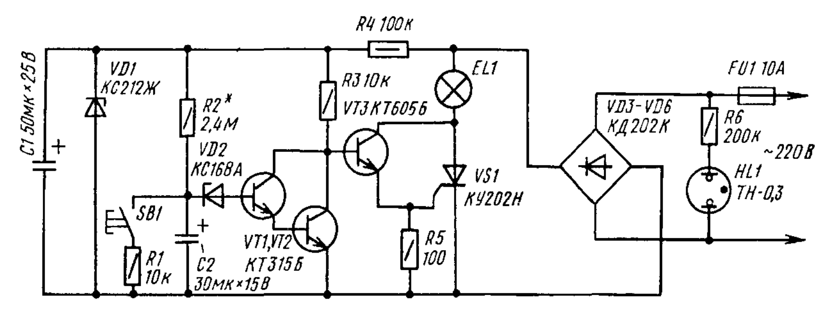


Рис. 89. Схема автомата лестничного освещения (первый вариант)

лампы EL1 гаснут. В таком состоянии устройство находится бо́льшую часть времени, потребляя от сети ток около 2 мА. Для включения освещения необходимо нажать кнопку SB1.

Все элементы устройства, в том числе и осветительные лампы, питаются выпрямленным напряжением, снимаемым с диодного моста VD3-VD6. Напряжение, необходимое для работы транзисторного ключа и для зарядки конденсатора C2 (около 12 В), получается на выходе параметрического стабилизатора VD1R4. Конденсатор C1 сглаживает пульсации напряжения. Резистор R1 ограничивает ток разрядки конденсатора C2 при нажатии кнопки SB1. Кроме того, наличие этого резистора повышает электробезопасность при пользовании устройством в случае нарушения изоляции кнопки SB1.

Подача напряжения на управляющий электрод тринистора VS1 с его анода (через открытый транзистор VT3) обеспечивает протекание тока в цепи управляющего электрода лишь до момента включения тринистора, т. е. в течение долей миллисекунды в начале каждого полупериода. В результате этого на транзисторе VT3 рассеивается очень незначительная мощность.

Неоновую лампу HL1 устанавливают рядом с кнопкой SB1, чтобы ее можно было легко отыскать в темноте. Такие же кнопки устанавливают на лестничных клетках этажей и соединяют их параллельно. Соответствующие им неоновые лампы подключают к сети через резисторы 200 кОм (на схеме - R6).

Максимальная суммарная мощность осветительных ламп, которыми может управлять автомат лестничного освещения, составляет 2 кВт. Тринистор VS1 должен быть установлен на радиаторе с поверхностью охлаждения около 300 см^2, диоды VD3-VD6 - на четырех радиаторах площадью по 70 см^2 каждый. Если мощность нагрузки не превышает 300 Вт, тринистор и диоды устанавливать на радиаторы не обязательно.

На рис. 90 приведена схема второго варианта автомата лестничного освещения, в котором используется микросхема К176ЛА7. Напряжение с конденсатора C2 поступает на входы логического элемента DD1.1. Пока напряжение на конденсаторе меньше напряжения порога переключения этого элемента, на его выходе - напряжение высокого уровня, которое открывает транзистор VT1. При этом открывается тринистор VS1 и подается напряжение на осветительные лампы EL1. При дальнейшей зарядке конденсатора C2 логический элемент DD1.1 переключается, на его выходе появляется напряжение низкого уровня, транзистор VT1 и тринистор VS1 закрываются и лампы гаснут.

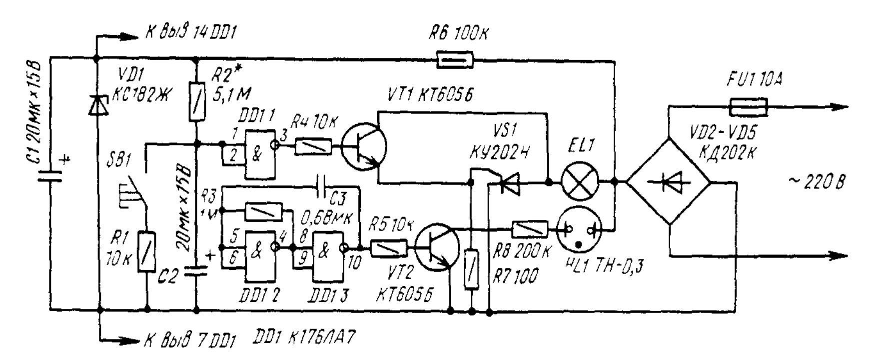


Рис. 90. Схема автомата лестничного освещения на микросхеме (второй вариант)

На логических элементах DD1.2 и DD1.3 этой же микросхемы собран генератор, формирующий импульсы с частотой около 1 Гц. С такой частотой мигает неоновая лампа HL1, установленная около кнопки SB1.

Транзисторы КТ315Б можно заменить любыми из этой серии, а также использовать транзисторы КТ312, КТ316, КТ317, КТ201 с любыми буквами; КТ605Б можно заменить на КТ605А, КТ604, КТ904 с любыми буквами. Тринистор КУ202Н можно заменить КУ202М (К, Л), а если мощность ламп не будет превышать 400 Вт, то можно применять тринисторы КУ201К, КУ201Л. Диоды КД202К можно заменить на КД202 с буквами М, Н, Р, а также на любые из серий Д246, Д247, Д248. Стабилитрон КС212Ж можно заменить на Д814Г, Д814Д, КС213Ж, КС215Ж, КС168А - на КС168В, КС162А, КС156А, Д814А; КС182Ж - на Д814Б, КС182А, КС191А. Оксидные конденсаторы - типов К50-6, К50-16, К50-20 или К53-1, конденсатор С3 (см. рис. 90) - типов КМ-6, К10-17 или МБМ. Все резисторы - МЛТ. Кнопка SB1 - типов КП1, К3, КМ1-1, КМД1-1 или звонкового типа.

Налаживание устройства сводится к подбору сопротивления резистора R2 для получения нужной длительности свечения ламп. При обозначенном на схемах номинале резистора R2 длительность горения ламп составляет 2...3 мин. Корпус, в котором собран автомат лестничного освещения, устанавливают на одном из этажей здания. Кнопки SB1 с неоновыми лампами HL1 подключают к устройству проводами любого сечения. Осветительные лампы EL1 должны быть подключены проводами достаточного сечения; так, при суммарной мощности ламп 2 кВт сечение проводов должно быть 1,5...2 мм^2.

При изготовлении и установке устройства следует особое внимание обратить на надежность изолирующих частей кнопок SB1.

Автомат уличного освещения

Схема автомата, позволяющего автоматически включать вечером и выключать утром уличное освещение, представлена на рис. 91. Датчиком освещенности является фоторезистор R4. Когда он затемнен, его сопротивление велико (несколько мегаом), на входах логического элемента DD1.1 - напряжение высокого уровня, такое же напряжение на выходе элемента DD1.2. Транзистор VT1 и тринистор VS1 открыты, и уличные осветители EL1 включены.

При наступлении рассвета сопротивление фотодатчика R4 уменьшается, логические элементы DD1.1 и DD1.2 переключаются в противоположные состояния, транзистор VT1 и тринистор VS1 закрываются и фонари на улице гаснут.

На логических элементах DD1.1, DD1.2 и резисторах R2, R3 выполнен триггер Шмитта. Это устройство, как и обычный (счетный) триггер, обладает двумя устойчивыми состояниями. Но в отличие от счетного триггера, состояние которого изменяется после прихода очередного импульса на вход, триггер Шмитта переключается при изменении уровня входного напряжения. Можно так подобрать резисторы R2 и R3, что пороги переключения при увеличении входного напряжения и при его уменьшении не будут равны между собой. Например, для нашего триггера при увеличении входного напряжения порог переключения может составлять 3 В, а при уменьшении напряжения 2 В. Разность порогов переключения называют гистерезисом триггера. Гистерезис тем больше, чем больше отношение R2/R3.

Если в автомате не использовать триггер Шмитта (т. е. резистор R3 исключить, а R2 замкнуть накоротко), то при изменении освещенности может наблюдаться мерцание осветительных ламп, при этом на выходе элемента DD1.2 будет напряжение, находящееся между напряжениями низкого и высокого уровней. В триггере Шмитта такого быть не может, поскольку обратная связь через

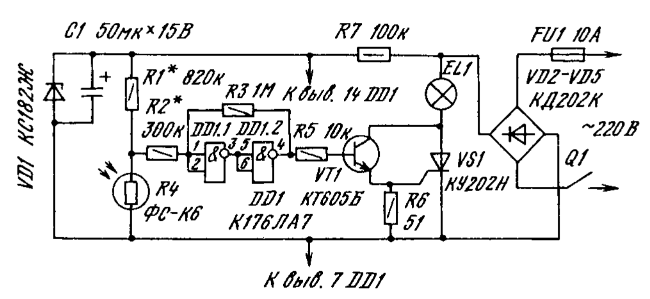


Рис. 91. Схема автомата уличного освещения

резистор R3 с выхода элемента DD1.2 на вход элемента DD1.1 ускорит процесс переключения, сделает его лавинообразным. Такую обратную связь называют положительной. Работа триггера Шмитта уже рассматривалась при описании реле времени и регулятора мощности (см. рис. 52 и 72) для формирования прямоугольных импульсов из синусоидального сигнала.

В качестве датчика освещенности можно использовать фоторезисторы ФС-К (с любыми цифрами), а также фотодиоды ФД-1, ФД-2, ФД-3 (подключают катодом к резисторам R1, R2).

Фотодатчик следует располагать в таком месте, куда не попадает прямой свет фонарей EL1, иначе автомат будет работать неустойчиво. Резистором R1 можно изменять уровень освещенности, при которой включаются и выключаются осветители. Разницу в порогах включения и выключения осветительных ламп можно изменять подбором резистора R2.

Максимальная мощность осветительных ламп определяется типами тринистора VS1 и диодов VD2-VD5. В данном случае она составляет 2 кВт. Тринистор и диоды устанавливают на радиаторы.

Регуляторы температуры

Регуляторы температуры, или, как их еще называют, терморегуляторы, предназначены для поддержания заданной температуры жидкости (например, фотораствора. воды в аквариуме, воды в системе электрического водяного отопления), воздуха в теплице, в жилом помещении и пр.

Принцип работы любого терморегулятора состоит в плавном или скачкообразном изменении мощности нагревательного элемента в соответствии с температурой датчика.

В терморегуляторе со скачкообразным изменением мощности в нагрузке нагревательный элемент отключается, как только температура датчика достигает определенного значения, и выключается при понижении температуры до ее заданного значения. Нагревательный элемент при этом находится в одном из двух состояний: включен или выключен, поэтому регулятор с таким законом управления часто называют релейным.

Рассмотрим работу регулятора по его принципиальной схеме (рис. 92). Основой терморегулятора является триггер Шмитта, выполненный на логических элементах DD1.1, DD1.2 и резисторах R4, R5. На вход триггера поступает напряжение с делителя R1R2R3. Датчиком температуры служит терморезистор R3. При увеличении температуры его сопротивление уменьшается, и поданное на вход триггеров напряжение также уменьшается, что приводит к переклю-

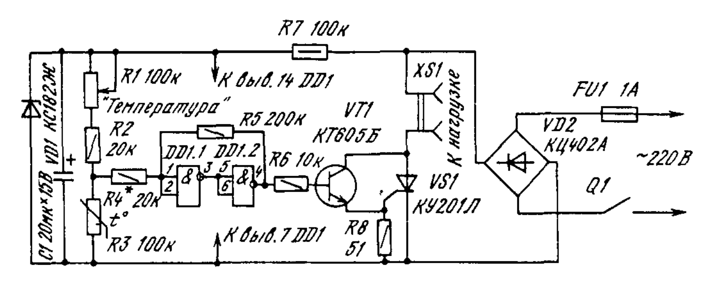


Рис. 92. Схема терморегулятора с релейным изменением мощности

чению триггера. При этом на его выходе (вывод 4 микросхемы) устанавливается напряжение низкого уровня, транзистор VT1 и тринистор VS1 закрываются, нагреватель, подключенный к гнезду XS1, обесточивается. Температура воздуха или жидкости начинает уменьшаться, и при некотором ее значении триггер вновь переключается, включается нагреватель. В процессе работы такие включения и выключения периодически повторяются.

Мощность нагревателя не должна превышать 200 Вт. Если мощность необходимо увеличить, следует подобрать тринистор VS1 и соответственно мощность выпрямителя VD2. Так, для мощности нагревателя 2000 Вт потребуются тринистор КУ202М и диоды Д246 (4 шт.), которые включают по схеме выпрямительного моста. Тринистор и диоды следует устанавливать на радиаторах с поверхностью охлаждения 300 см^2 (для тринистора) и 70 см^2 (для каждого диода).

Терморезистор R3 может быть любого типа, например КМТ-1, КМТ-4, КМТ-12, ММТ-6 и др.

Печатная плата терморегулятора показана на рис. 93.

Температуру, при которой происходит переключение триггера, устанавливают переменным резистором R1. Точность поддержания температуры отчасти определяется разницей между напряжениями срабатывания триггера, т.е. его гистерезисом, и может подстраиваться резистором R4. Использовать резистор сопротивлением менее 10 кОм не следует, так как излишне малый гистерезис триггера Шмитта может привести к неустойчивой работе терморегулятора.

Однако точность регулирования температуры определяется не только гистерезисом триггера Шмитта: на точность в большой степени влияют также масса нагревателя и среды (воды и пр.), т.е. инерционность системы. После выключения нагревателя температура окружающей среды некоторое время продолжает увеличиваться благодаря отдаче тепла от нагревателя в окружающую среду. Точно так же и при включении нагревателя температура среды начинает

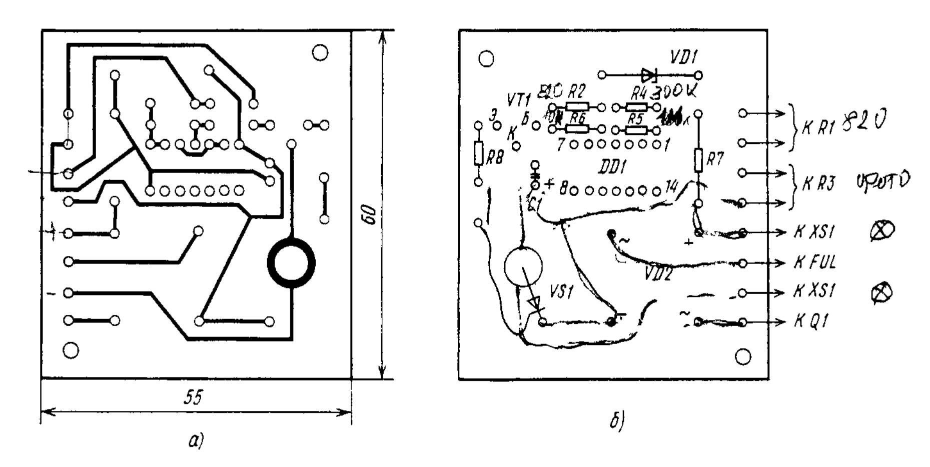


Рис. 93. Монтажная плата терморегулятора:
а - расположение печатных проводников; *б* - расположение деталей на плате

повышаться не сразу, а с некоторой задержкой. Таким образом, возникает погрешность регулирования температуры, которая может .достигать нескольких градусов. Избавиться от этого недостатка можно применением терморегулятора с плавным регулированием мощности нагревательного элемента.

Схема такого терморегулятора представлена на рис. 94. Датчиком температуры является терморезистор R11, имеющий отрицательный температурный коэффициент сопротивления (другими словами, его сопротивление уменьшается с повышением температуры). Терморезистор является одним из плеч делителя напряжения R11R14, сигнал с выхода которого поступает через резистор R13 на неинвертирующий вход операционного усилителя (ОУ) (вывод 5 микросхемы DA3). На инвертирующий вход ОУ (вывод 4 микросхемы DA3) через резистор R12 подается задающее напряжение с движка переменного резистора R9. Микросхема DA3 усиливает поданные на ее входы сигналы, причем коэффициент усиления определяется сопротивлениями резисторов R12, R13, R15, R16; если соблюдается пропорция R13/R15 = R12/R16, то коэффициент усиления K определяется соотношением K = R16/R12.

С выхода микросхемы DA3 (вывод 10) усиленный сигнал поступает через резистор R6 на неинвертирующий вход компаратора (микросхема DA2).

Компаратором называется устройство, предназначенное для сравнения двух аналоговых сигналов, поданных на .его входы. Компаратор представляет собой усилитель с высоким (десятки и сотни тысяч раз) коэффициентом усиления.

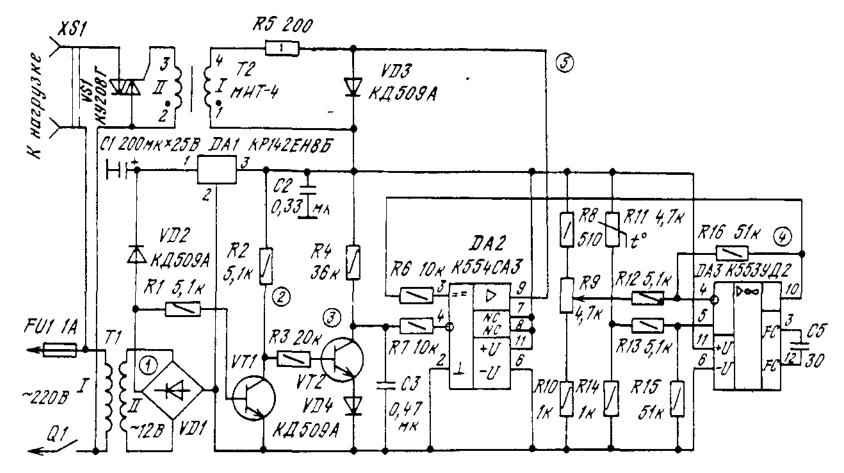


Рис. 94. Схема терморегулятора с плавным изменением мощности (транзисторы VT1, VT2 - КТ503Б)

Выходные каскады усилителя выполнены таким образом, что напряжение на выходе компаратора может принимать одно из двух значений: высокого или низкого уровня, т. е. компаратор имеет цифровой выход.

Интегральный компаратор К554СА3, используемый в терморегуляторе, имеет открытый коллекторный выход, рассчитанный на подключение нагрузки током до 50 мА. Выходной транзистор открыт (т. е. на выходе при подключенной нагрузке действует напряжение низкого уровня), если напряжение на выводе 4 больше напряжения на выводе 3 микросхемы DA2. При противоположном соотношении напряжений на выходе компаратора будет напряжение высокого уровня.

На инвертирующий вход компаратора (вывод 4) подается пилообразное напряжение, которое синхронизировано напряжением сети и имеет частоту 100 Гц. Генератор пилообразного напряжения выполнен на транзисторах VT1, VT2. Напряжение с выпрямительного моста VD1 (рис. 95, эпюра 1) поступает на базу транзистора VT1. Бóльшую часть времени транзистор открыт, а в моменты, когда синусоидальное выпрямленное напряжение приближается к нулю, транзистор закрывается. На его коллекторе формируются короткие прямоугольные импульсы (рис. 95, эпюра 2), которые подаются на базу транзистора VT2. Пока напряжение на базе равно нулю, на коллекторе транзистора формируется нарастающее напряжение (конденсатор C3 заряжается через резистор R4). В момент появления положительного импульса на базе транзистора VT2 последний

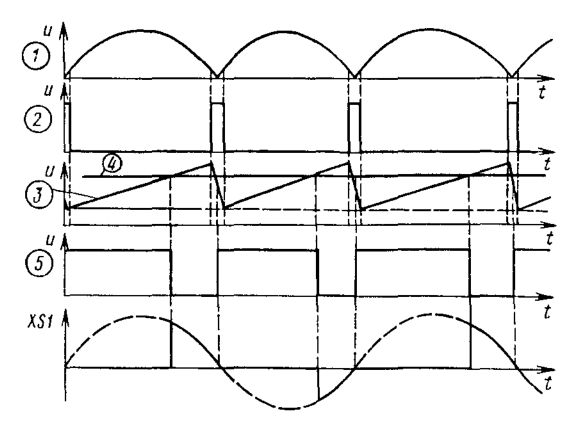


Рис. 95. Временные диаграммы работы терморегулятора

открывается, и напряжение на коллекторе уменьшается почти до нуля (точнее, до напряжения прямого падения на диоде VD4). На рис. 95 (эпюра 3) это напряжение показано штриховой линией.

На компараторе DA2 происходит сравнение пилообразного напряжения и положительного напряжения, снимаемого с выхода микросхемы DA3. На выходе компаратора формируются прямоугольные импульсы (рис. 95, эпюра 5). Нагрузкой компаратора являются резистор R5 и обмотка I трансформатора T2. Диод VD3 защищает выход компаратора от всплесков напряжения, возникающих на обмотке I при переключении компаратора. Сигнал с обмотки II трансформатора T2 подается на управляющий переход симистора VS1, в цепь которого включается нагрузка - нагреватель.

После включения устройства в сеть сопротивление датчика температуры R11 максимально, поскольку температура среды, в которую помещен датчик, минимальна. Следовательно, на неинвертирующий вход микросхемы DA3 подано меньшее напряжение, чем на инвертирующий вход. На выходе операционного усилителя напряжение близко к нулю (поскольку это напряжение не может быть равно нулю, в цепь генератора пилообразного напряжения включен компенсирующий диод VD4; это позволяет открывать симистор VS1 в самом начале полупериода).

Таким образом, в начале каждого полупериода симистор будет открываться, подавая энергию в нагрузку. Мощность ее при этом максимальна. По мере повышения температуры среды сопротивление терморезистора R11 уменьшается, а напряжение на неинвертирующем входе операционного усилителя DA3 увеличивается. Как только это напряжение превысит напряжение на выводе 4 микросхемы DA3, начнет увеличиваться выходное напряжение ОУ. При

этом изменяется скважность выходных импульсов компаратора DA2 (рис. 95, эпюра 5) и уменьшается мощность нагрузки. В установившемся режиме средняя мощность нагревателя будет достаточной для поддержания требуемой температуры, заданной положением движка переменного резистора R9.

Поскольку в отличие от описанного выше устройства здесь не происходит полное отключение нагрузки, точность поддержания температуры терморегулятором выше.

Микросхему КР142ЕН8Б (DA1) можно заменить стабилизатором, собранным по любой из известных схем и обеспечивающим напряжение 10...12 В при токе не менее 150 мА. Компаратор К554СА3 (DA2) можно заменить на К521СА3; операционный усилитель К553УД2 (DA3) - на К153УД2, К140УД7. Транзисторы VT1, VT2- любые из серий КТ312, КТ315, КТ503, КТ3117. Выпрямительный мост VD1 - любой из серий КЦ402, КЦ405, КЦ407, диоды VD2-VD4 - КД509, КД510, Д220, Д223 с любыми буквами. Конденсатор С1 - типа К50-16, К50-6, С2, С3 - КМ-6, КЛС, К10-23, С5 - КТ-1, КТ-2, К10-7В. Терморезистор R11 - КМТ, ММТ, СТ1, остальные резисторы - МЛТ. Тринистор КУ208Г можно заменить двумя тиристорами, включенными встречно-параллельно - так, как это сделано, например, в регуляторе мощности (см. рис. 68). Трансформатор МИТ-4 (Т2) можно заменить на МИТ-10, МИТ-12. Данные самодельного трансформатора: кольцевой магнитопровод М2000НМ, типоразмер К20 × 10 × 6; все обмотки (две или три) выполнены проводом ПЭВ-2 0,31 и содержат по 40-50 витков. Начала обмоток на схеме обозначены точками.

Устройство, собранное из исправных деталей, начинает работать сразу. Для изменения пределов регулирования температуры следует подобрать сопротивления резисторов R8, R10, R14. При необходимости можно попробовать увеличить точность регулирования увеличением коэффициента усиления усилителя. Для этого сопротивления резисторов R15, R16 можно увеличить до 75...100 кОм.

Если не требуется высокая точность поддержания температуры, то усилитель на базе ОУ DA3 можно исключить. В этом случае резистор R8 заменяют терморезистором, а сигнал с движка переменного резистора подают на левый (по схеме) вывод резистора R6. Элементы R11-R16, С5, DA3 при этом не потребуются.

Стабилизатор сетевого напряжения

Для стабилизации напряжения питающей сети в бытовых условиях используют в основном феррорезонансные стабилизаторы. К числу их недостатков следует отнести искажение формы

кривой выходного напряжения, невозможность работы без нагрузки. Кроме того, выпускаемые промышленностью феррорезонансные стабилизаторы бытового назначения имеют небольшую мощность (300...400 Вт), которой нередко оказывается недостаточно, например, на садовом участке.

От указанных недостатков свободен стабилизатор напряжения, выполненный на базе регулируемого (лабораторного) автотрансформатора. Такой стабилизатор представляет собой систему автоматического регулирования, в которой часть выходного напряжения сравнивается с установленным образцовым напряжением. В зависимости от знака разности этих напряжений подвижный контакт автотрансформатора с помощью электродвигателя перемещается так, что выходное напряжение приближается к образцовому.

Принципиальная схема стабилизатора напряжения представлена на рис. 96. В качестве автотрансформатора T1 использован выпускаемый промышленностью автотрансформатор типа АОСН-20-220-75У4. Его обмотки рассчитаны на ток до 20 А, а максимальное напряжение, снимаемое с подвижных контактов, 240 В.

Трансформатор выполнен на стержневом (П-образном) магнитопроводе. Обмотка состоит из двух частей, по каждой из которых скользит графитовый ползунок (В2 и В3). Входное напряжение 220 В подается на контакты-отводы А2 и А3.

Пока контакты выключателя SA1 замкнуты, выходное напряжение с контактов В2 и В3 через резистор R1 поступает на диодный мост VD1. Пульсации выпрямленного напряжения сглаживаются конденсатором C1 и с ползунка подстроечного резистора R2 подаются на входы микросхем-компараторов DA1, DA2. На вторые входы компараторов подано образцовое напряжение, снимаемое с параметрического стабилизатора напряжения VD2R3 и с регулируемого делителя напряжения R4R5. Выходные напряжения компараторов через переключатель SA2 и светодиоды HL1, HL2 подаются на светодиоды оптронов U1, U2. Динисторы оптронов включены в диагонали диодных мостов VD4, VD5, которые управляют подачей напряжения на обмотки мотора M1 - асинхронного реверсивного электродвигателя с редуктором типа РД-09. Если открыт динистор оптрона U1, вал двигателя вращается в одну сторону; если же открыт динистор оптрона U2, то вал двигателя вращается в другую сторону.

Обмотки электродвигателя питаются напряжением 127 В, которое снимается с выводов 4 и 10 первичной обмотки трансформатора T2. Конденсатор C4 обеспечивает необходимый сдвиг фаз между напряжениями на обмотках электродвигателя.

Источником питания компараторов DA1, DA2, параметрического

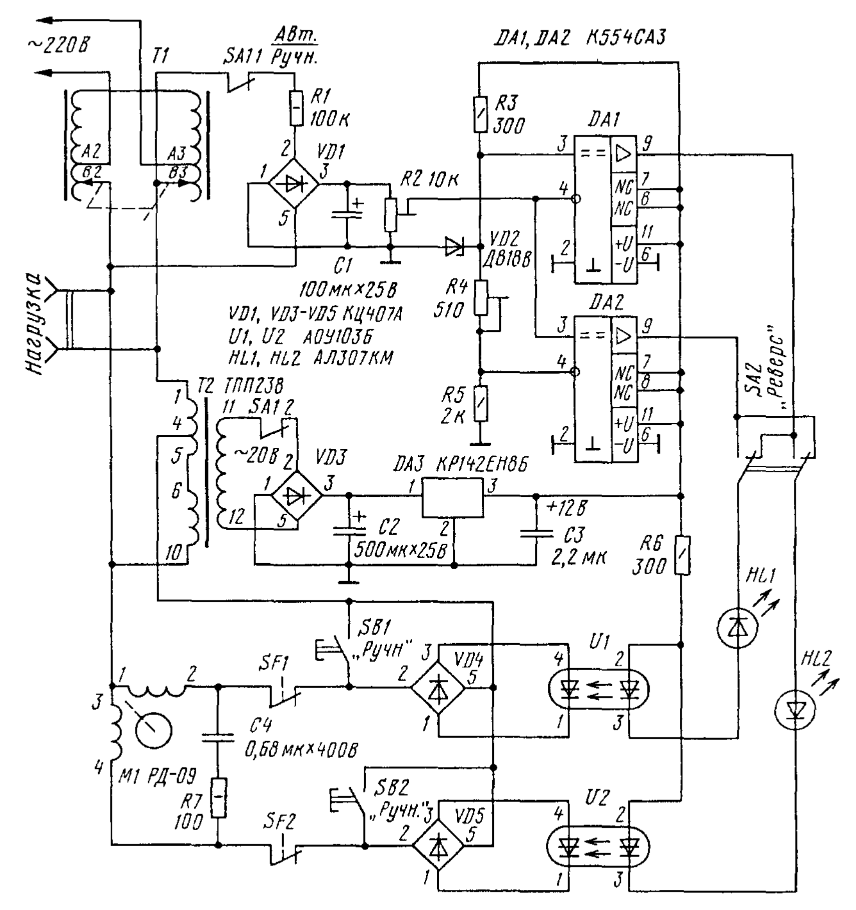


Рис. 96. Стабилизатор сетевого напряжения

стабилизатора VD2R3 и делителя напряжения R4R5 служит интегральный стабилизатор, выполненный на микросхеме DA3.

Устройство работает следующим образом. Если выходное напряжение трансформатора T1 соответствует норме, то напряжение на движке подстроечного резистора R2 будет меньше напряжения на выводе 3 компаратора DA1, но больше напряжения на выводе 4 компаратора DA2, а выходной ток обоих компараторов равен нулю. При этом динисторы обоих оптронов закрыты, ток через обмотки электродвигателя не протекает, и ползунки автотрансформатора T1 неподвижны.

В случае повышения сетевого напряжения значения напряжения на контактах **B2** и **B3** трансформатора и на резисторе R2 также

увеличатся. В результате напряжение на выводе 4 компаратора DA1 превысит напряжение на выводе 3, и через вывод 9 компаратора потечет ток. Откроется динистор оптрона U2. Состояние компаратора DA2 при этом не изменится. Через диодный мост VD5 и обмотки электродвигателя M1 начнет протекать ток, заставляя вращаться вал. Ползунки будут перемещаться по виткам обмоток трансформатора T1 в направлении уменьшения выходного напряжения. Через некоторое время напряжение достигнет нормы, компаратор DA1 переключится в исходное состояние, и электродвигатель остановится.

При понижении сетевого напряжения в активном состоянии окажутся компаратор DA2 и оптрон U1, и вал двигателя будет перемещать ползунки B2 и B3 в направлении увеличения выходного напряжения. Таким образом оно будет поддерживаться на заданном уровне.

Диапазон возможных значений выходного напряжения (т.е. точность стабилизации) определяется разницей в уровнях напряжения на выводе 3 микросхемы DA1 и выводе 4 микросхемы DA2 и устанавливается подстроечным резистором R4.

Конденсатор C1 не только сглаживает пульсации выпрямленного напряжения, но и фильтрует помехи, возникающие при кратковременных изменениях сетевого напряжения. Если продолжительность действия помехи не превышает 1,5...2 с, устройство на нее не реагирует. Резистор R6 ограничивает ток через динисторы оптронов.

Выключатель SA1, кнопки SB1 и SB2 предназначены для управления электродвигателем в ручном режиме, когда электронный узел устройства отключен, SF1 и SF2 - это контакты конечных выключателей. Когда ползунки B2 и B3 трансформатора T1 оказываются в крайних положениях (верхнем или нижнем), контакты конечных выключателей размыкаются и отключают двигатель, исключая повреждение механических частей стабилизатора. Такое может случиться, например, при значительном снижении сетевого напряжения, если перемещение ползунков уже не приведет к установлению на выходе номинального значения напряжения. Переключатель SA2 позволяет изменять направление вращения вала двигателя. Такая необходимость может возникать в случае иного, чем на схеме, подключения выводов обмоток трансформатора T1 либо в случае применения трансформатора T1 другого типа (об этом будет сказано ниже).

Светодиоды HL1, HL2 позволяют визуально контролировать направление вращения вала электродвигателя.

В стабилизаторе напряжения можно применить детали следующих типов. В качестве компараторов могут работать также и

микросхемы типов К521СА3, К521СА5, К521СА6. Последний тип микросхемы содержит два компаратора в одном корпусе. Оптроны U1 и U2 могут быть любыми из серии АОУ103, кроме АОУ103А, а также АОУ115Б (В). Диодные мосты могут быть, кроме указанных на схеме, типов КЦ402, КЦ405 с буквами А-В, Ж, И. Стабилитрон VD2 желательно использовать с малым значением температурного коэффициента напряжения, например, Д818 с любыми буквами. Но если к температурной стабильности регулируемого напряжения не предъявляются высокие требования, то возможно использование стабилитронов других типов с напряжением стабилизации 6...10 В, например, КС168А, КС175А, КС191А, Д814А (Б, В).

Конденсаторы С1, С2 - оксидные К50-16. К50-6 или К50-29; С3 - КМ-6, К10-17; С4 - К73-17. Все постоянные резисторы - типов МЛТ, С2-23, С1-12; подстроечные R2 и R4 - СП5-2, СП3-19, СП3-38. Конечные выключатели SF1, SF2 и кнопки SB1, SB2 - КМ1-1, КМ2-1; переключатели SA1, SA2 - тумблеры Т3, П2Т-1-1, МТ3.

Электродвигатель М1 - типа РД-09 с редуктором, число оборотов выходного вала - 5...20 об/мин (коэффициент редукции 60...240). Такие двигатели применяются в самопишущих потенциометрах. В качестве трансформатора Т2 может быть использован ТПП238-127/220-50 или любой другой мощностью не менее 10 Вт, имеющий отвод в первичной обмотке на 127 В, вторичную обмотку на напряжение 18...22 В и ток не менее 100 мА.

Для преобразования вращательного движения вала электродвигателя в поступательное движение ползунков трансформатора Т1 использована винтовая пара с резьбой М12 × 1,75. С ее винтом вал двигателя соединен через переходную втулку. При частоте вращения вала 15 об/мин выходное напряжение изменяется со скоростью около 0,5 В/с.

Настройка устройства заключается в установке величины номинального выходного напряжения резистором R2 и в установке точности регулирования напряжения резистором R4. В авторском экземпляре стабилизатора при номинальном напряжении 220 В точность регулирования составляла ±3%. Теоретически стабилизатор способен обеспечить точность регулирования в пределах десятых долей процента - для этого надо лишь увеличить емкость конденсатора С1. Но тогда он будет реагировать и на незначительные колебания сетевого напряжения, вызванные случайными причинами (например, подключением и отключением электроприборов); это может привести к преждевременному износу механических подвижных частей устройства.

В процессе настройки следует выбрать такое положение контактов переключателя SA2, чтобы при отклонении напряжения на

нагрузке от нормы вал двигателя вращался в направлении, обеспечивающем стабилизацию этого напряжения.

Данный стабилизатор был изготовлен для поддержания номинального напряжения 220 В в дачном домике в условиях значительного снижения напряжения питающей сети. При максимальной нагрузке (4,4 кВт) минимальное входное напряжение, при котором стабилизатор выполнял свою функцию, составляло около 180 В. При дальнейшем понижении напряжения сети срабатывал концевой выключатель, и режим стабилизации прекращался, поскольку ползунки находились в крайнем нижнем (по схеме) положении. Чтобы избежать такой ситуации, можно рекомендовать поменять местами выводы обмоток трансформатора А2А3 и В2В3 и одновременно изменить положение контактов переключателя SA2. При этом сетевое напряжение будет подаваться на скользящие контакты В2В3, а нагрузка будет подключена к выводам обмоток А2А3. Теперь стабилизация будет обеспечиваться при сколь угодно глубоком понижении напряжения сети (даже до 50...60 В), однако следует помнить, что поскольку в любом случае ток через отводы В2В3 не может превышать 20 А, максимальный выходной ток должен быть во столько раз меньше этого значения, во сколько раз выходное напряжение больше входного. Это следует из условия равенства мощностей входной и выходной цепей.

Но такой способ включения частей обмотки имеет недостаток: при резком увеличении входного напряжения к электросети через ползунки В2В3 окажется подключенным несоразмерно малое число витков обмотки трансформатора, и пока система автоматического регулирования будет отрабатывать входное воздействие, через контакты В2В3 будет протекать чрезмерно большой ток, а на нагрузке будет действовать недопустимо большое напряжение. Для частичного предотвращения этого недостатка можно ограничить перемещение ползунков автотрансформатора соответствующей установкой концевого выключателя, который бы срабатывал при снижении входного напряжения до 150...160 В, и дальнейшее перемещение ползунков в сторону уменьшения числа витков обмоток, подключаемых к сети, прекращалось.

Устройство пригодно для стабилизации выходного напряжения в диапазоне от единиц вольт до 220 В. Для обеспечения выходного напряжения меньше 70...80 В первичную обмотку трансформатора Т2 следует питать непосредственно от сети 220 В и, кроме того, уменьшить величину резистора R1 до 47...56 кОм. Для выходного напряжения менее 10 В стабилитрон VD2 придется заменить другим, напряжение стабилизации которого должно быть на 1...2 В меньше, чем стабилизируемое.

В качестве трансформатора Т1 можно также использовать тороидальные автотрансформаторы типов ЛАТР-2, ЛАТР-9, однако в этом случае допустимая мощность нагрузки уменьшится; придется также применить двигатель РД-09 с меньшим числом оборотов (1...2 об/мин) и подобрать соответствующее положение контактов переключателя SA2.

Данное устройство удобно использовать в школе на уроках физики, а также в радиокружке при настройке устройств.

Для обеспечения надежной звукоизоляции следует автотрансформатор установить на жестком основании через войлочные или резиновые прокладки, которые обладают хорошими звукопоглощающими свойствами.

УСТРОЙСТВА ДЛЯ ШКОЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ РАДИОЛЮБИТЕЛЯ

В этом разделе рассказывается о некоторых устройствах, которые могут оказаться полезными радиолюбителям при конструировании и налаживании различной аппаратуры, а также приведены описания отдельных узлов устройств.

Регуляторы мощности электропаяльника

Поддержание жала электропаяльника в надлежащем состоянии - одно из важнейших условий качественного монтажа радиодеталей. Жало паяльника должно быть ровным, без впадин и заусениц. Оно не должно быть перегретым, иначе припой будет окисляться и пайка окажется недостаточно прочной. Оптимальной считают такую температуру жала, при которой канифоль не испаряется сразу, а держится на жале в виде расплавленных блесток.

На рис. 97 представлена схема регулятора, позволяющего в широких пределах изменять подводимую к паяльнику мощность. Его схема во многом аналогична схеме регулятора мощности, показанной на рис. 68. Разница лишь в том, что для регулирования здесь использован один тринистор и нагрузка питается постоянным напряжением. Резистор R3 имеет сопротивление около 2 кОм и подбирается при настройке.

Тринистор VS1 может быть типов КУ201, КУ202 с буквами К-Н. Диодный мост VD1 - типов КЦ402, КЦ405 с буквами А-В. Остальные детали - те же, что и в мощном тиристорном регуляторе. Аналогично проводится и настройка регулятора мощности паяльника.

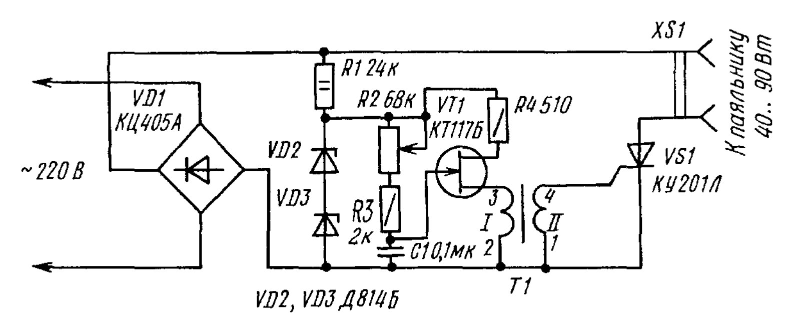


Рис. 97. Схема регулятора мощности электропаяльника

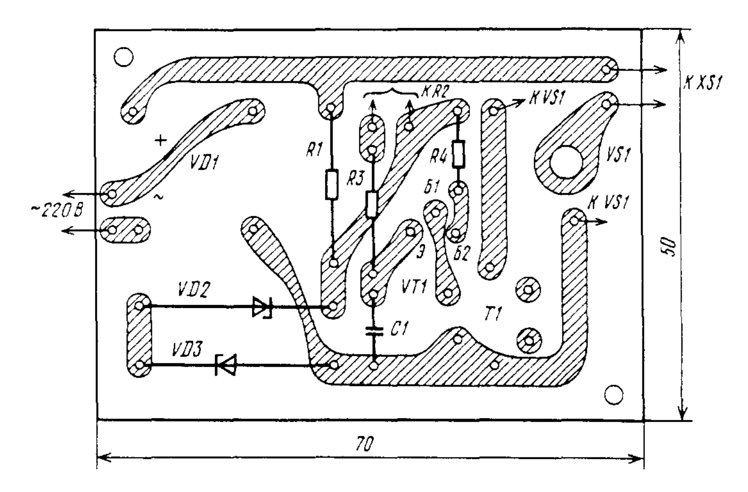


Рис. 98. Печатная плата регулятора мощности и размещение деталей на ней

Детали регулятора мощности паяльника можно смонтировать на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита (рис. 98). Ее помещают в корпус подставки паяльника, изготовленный из фанеры. На верхней крышке корпуса укрепляют ванночки для припоя и флюса (для них удобно использовать жестяные крышки от баночек с горчицей), гнезда для подключения паяльника, две пары гнезд для подключения к сети налаживаемых конструкций, переменный резистор R2. Мощность паяльника, подключаемого к регулятору, может составлять 40...90 Вт.

Для регулирования температуры паяльника напряжением 36 В можно использовать регулятор, схема которого показана на рис. 99. Напряжение сети понижается трансформатором T1 и выпрямляется мостовым выпрямителем VD1. Пульсации сглаживаются конденсатором C1. На четырех логических элементах микросхемы DD1 собран генератор импульсов с регулируемой скважностью; частота импульсов составляет примерно 100 Гц. Составной транзистор VT1VT2 усиливает импульсы генератора по напряжению и току. Регулируя скважность импульсов, изменяют среднее значение тока через паяльник и температуру его жала.

В качестве микросхемы DD1 можно использовать также К155ЛА3, К155ЛЕ1 и их аналоги из серий К133, К158, КР1531, К555. Транзистор VT1 - КТ608 (А, Б), КТ3117 (А); VT2 - КТ819 (Б, В), КТ817 (Б-Г). Конденсатор C1 - типа К50-29, C2 - К50-16, C3 - КМ-6. Трансформатор T1 имеет магнитопровод ШЛ20х20. Обмотка I содержит 2000 витков провода ПЭВ-2 0,31, обмотка II - 365 витков провода ПЭВ-2 0,67.

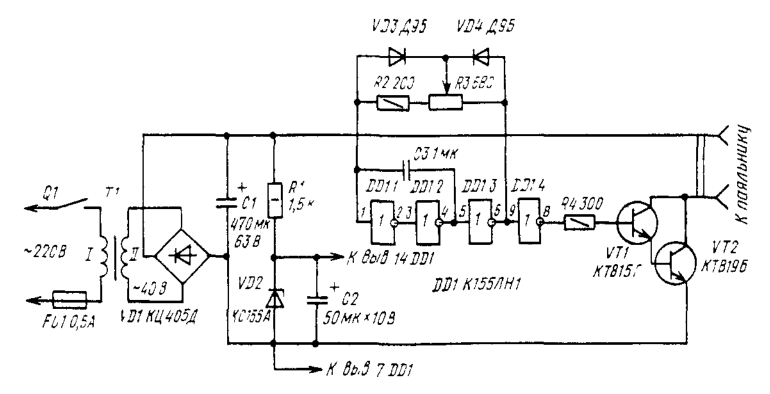


Рис. 99. Схема транзисторного регулятора мощности паяльника

Достоинством данного регулятора перед аналогичным тринисторным регулятором является возможность регулирования мощности паяльника при питании его от источника постоянного напряжения (например, от аккумуляторов в полевых условиях). В этом случае отпадает надобность в трансформаторе Т1, выпрямителе VD1.

Приспособление для удаления изоляции с монтажных проводов

Монтажные провода в пластмассовой изоляции радиолюбители зачищают обычно с помощью ножа, ножниц или бокорезов. При этом, как правило, повреждается и металлическая жила провода. Кроме того, шелковую оплетку, если она есть, удалить таким способом весьма трудно. Предлагаемое несложное устройство позволяет быстро и качественно удалять изоляцию с концов монтажных проводов типа МГШВ, МГТФ и др. При этом металлические жилы проводов совершенно не повреждаются.

Приспособление для удаления изоляции с монтажных проводов (рис. 100) представляет собой нихромовую проволоку 1, закрепленную на двух держателях 2 с помощью винтов 3. Держатели укреплены винтами на текстолитовой пластине 4 толщиной

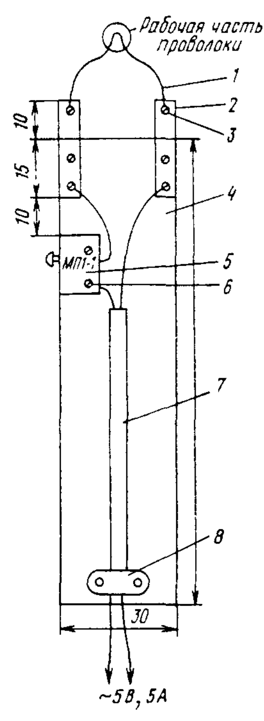


Рис. 100. Приспособление для удаления изоляции с монтажных проводов

6...10 мм. Здесь же установлена кнопка 5 с помощью винтов 6. Токоподводящие провода 7 закреплены жестяным хомутиком 8.

Для питания приспособления используется трансформатор, вторичная обмотка которого рассчитана на напряжение 4...5 В при токе 4...5 А. Можно применять трансформатор ТВК-110Л-1, удалив с него все вторичные обмотки и намотав новую вторичную обмотку, содержащую 45 витков провода ПЭВ-1 1,2. Первичная обмотка трансформатора во время выполнения работ все время включена в сеть, а нихромовую проволоку (ее диаметр 0,7...0,9 мм) с помощью кнопки кратковременно подключают к вторичной обмотке трансформатора.

Приспособление держат в правой руке, нажимают на 2...3 с кнопку и, вставив конец провода внутрь рабочей части нихромовой проволоки поворачивают провод на 1-1,5 оборота. После этого изоляция легко снимается с помощью пинцета.

Источники питания

Устройства, собранные на полупроводниковых приборах (транзисторы, тринисторы, микросхемы) и электромагнитных реле, питаются от источников постоянного напряжения. Как правило, отклонения напряжения от номинального значения не должны выходить за границы определенных допусков (например, для микросхем серии К155 питающее напряжение должно составлять 5В±5%). Поэтому источник питания устройств кроме трансформатора и выпрямителя должен содержать еще и стабилизатор напряжения.

Основой стабилизатора напряжения чаще всего служит кремниевый стабилитрон, включенный в обратном направлении (катодом к положительному полюсу источника питания, анодом - к огрицательному). При таком включении напряжение на стабилитроне (напряжение стабилизации $U_{ст}$) мало зависит от тока через стабилитоон (тока стабилизации $I_{ст}$). Эти две величины и являются основными параметрами стабилитронов. Так, для стабилитрона КС156А напряжение стабилизации (номинальное) составляет 5,6 В (при номинальном токе стабилизации 10 мА), а ток стабилизации может быть в пределах 3...50 мА. Если нагрузка потребляет больший ток, применяют усилитель тока. В простейшем случае это может быть транзистор, включенный по схеме с общим коллектором (эмиттерный повторитель).

Схема такого источника питания показана на рис. 101. Напряжение сети, пониженное трансформатором Т1 до 8...10 В, выпрямляется диодным мостом VD1 и подается на стабилизатор напряжения, в котором транзистор VT1 включен эмиттерным

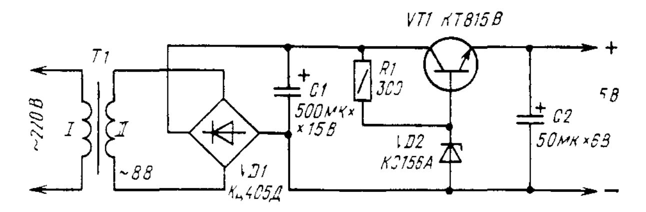


Рис. 101. Схема стабилизированного источника питания

повторителем Напряжение на выходе стабилизатора на 0,5...1 В меньше напряжения на стабилитроне VD2. По аналогичной схеме можно строить стабилизаторы и на другие значения питающих напряжений, следует лишь для каждого случая подобрать соответствующие стабилитрон и сопротивление резистора R1. Максимальный выходной ток стабилизатора $I_{вых\,max}$ зависит от используемого стабилитрона и статического коэффициента передачи тока транзистора $h_{21Э}$ и может быть найден по формуле

$I_{вых\ max} = h_{21Э} I_{ст\ max}$.

Стабилизатор напряжения, собранный по схеме на рис. 101, обладает сравнительно невысокими эксплуатационными характеристиками, но тем не менее может успешно применяться для питания многих радиотехнических устройств (см., например, схемы на рис. 17, 20, 39 и др.).

На рис. 102 приведена схема еще одного стабилизатора напряжения, но с использованием ОУ. Такие усилители имеют очень большой коэффициент усиления (несколько сотен и даже тысяч) и два входа - инвертирующий (на графическом изображении ОУ обозначают кружком) и неинвертирующий. Сигналы, поданные на эти входы, суммируются с учетом их знака и многократно

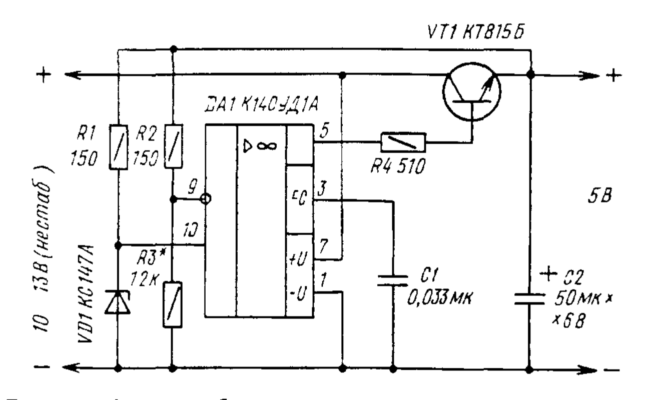


Рис. 102. Схема стабилизатора напряжения с использованием операционного усилителя

усиливаются. Характерная особенность стабилизатора напряжения с применением ОУ заключается в том, что в нем выходное напряжение сравнивается с образцовым (опорным) и таким образом поддерживается на заданном) уровне.

Рассмотрим по схеме более подробно работу такого стабилизатора напряжения. Выходное напряжение с делителя R2R3 подается на инвертирующий вход ОУ, а образцовое напряжение, снимаемое со стабилитрона VD1, - на неинвертирующий вход. При небольшом изменении напряжения на выходе стабилизатора на инвертирующем входе (вывод 9) появляется сигнал рассогласования, который многократно усиливается и изменяет напряжение на регулирующем транзисторе VT1 таким образом, что напряжение на выходе стабилизатора практически не изменяется. Этот процесс длится всего несколько микросекунд.

Напряжение на выходе стабилизатора можно определить по упрощенной формуле

$$U_{вых} = U_{ст}(R2 + R3)/R3.$$

Изменяя в небольших пределах сопротивления резисторов R2 и R3, можно изменять выходное напряжение стабилизатора. При этом, как видно из формулы, выходное напряжение не может быть меньше напряжения стабилизации стабилитрона.

Резистор R4 ограничивает выходной ток ОУ, конденсатор C1 предотвращает возбуждение устройства. Коэффициент стабилизации этого источника напряжения составляет 200...400, а выходное сопротивление - несколько миллиом. Максимальный выходной ток равен произведению предельно допустимого выходного тока ОУ на коэффициент $h_{21Э}$ транзистора VT1 и для данной схемы составляет 500...600 мА. Если же для питания устройства требуется больший ток, чем может обеспечить один регулирующий транзистор, следует применять составной транзистор (например, типов КТ972, КТ825, КТ827). При отсутствии составного транзистора в одном корпусе его можно выполнить из двух обычных транзисторов одной или разных структур.

На рис. 103,а показана схема составного транзистора, образованного транзисторами одной структуры (*n-p-n*), на рис. 103, *б* - образованного транзисторами разных структур (VT1 - *p-n-p*, VT2 - *n-p-n*). Резистор R1 обеспечивает нормальную работу стабилизатора при высоких температурах окружающей среды и малых токах нагрузки. Ток, протекающий через этот резистор, должен быть значительно больше обратного тока коллекторного перехода транзистора VT1 при наибольшей рабочей температуре. Если ток через регулирующий транзистор VT1 превышает 70...100 мА, транзистор

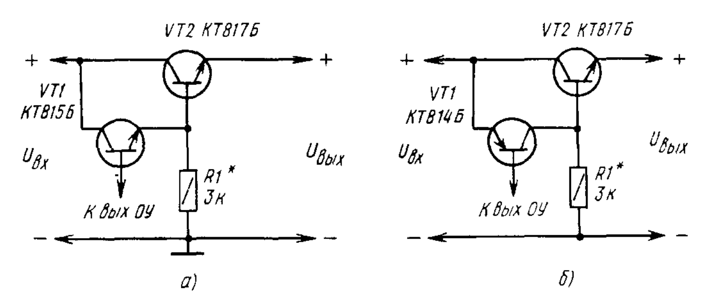


Рис. 103. Составной транзистор из транзисторов структуры *n-p-n* (*а*) и из транзисторов разных структур (*б*)

следует устанавливать на радиатор. Площадь радиатора можно приближенно определить по формуле (для температуры окружающего воздуха около 20°С)

$$S = 25U_{кэ}\ I_{нагр},$$

где S - площадь поверхности охлаждения радиатора, см^2; $U_{кэ}$ - напряжение между коллектором и эмиттером регулирующего транзистора, В; $I_{нагр}$ - ток нагрузки стабилизатора, А.

На рис. 104 приведена схема еще одного варианта стабилизатора напряжения. В нем применена интегральная микросхема К142ЕН1Б, представляющая собой стабилизатор напряжения. Вот ее основные параметры: диапазон изменения входного напряжения 9...20 В; пределы установки выходного напряжения 3...12 В; максимальный ток нагрузки 0,15 А; минимальное падение напряжения на регули-

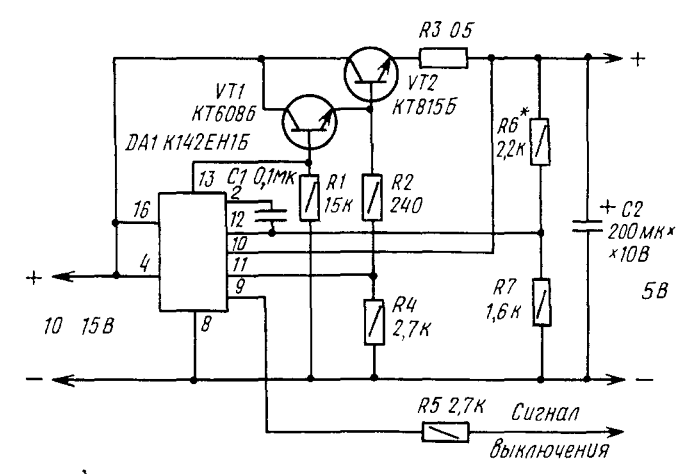


Рис. 104. Схема источника питания с использованием микросхемы - стабилизатора напряжения

рующем элементе 4 В. В микросхеме предусмотрена защита от перегрузок по току и коротких замыканий.

Для указанных на схеме рис. 104 транзисторов и номиналов резисторов выходное напряжение составляет 5 В, а ток срабатывания защитного устройства около 1 А (при уменьшении тока через нагрузку устройство автоматически принимает исходное состояние). При необходимости ток ограничения $I_{огр}$ может быть изменен подбором резистора R3. Его сопротивление рассчитывают по формуле

$$R3 = 0{,}5/I_{огр},$$

где R3 - в омах; $I_{огр}$ - в амперах.

Выходное напряжение устанавливают подбором резистора R6.

В микросхеме предусмотрен вход выключения стабилизатора. При подаче на вывод 9 через резистор R5 напряжения 2...3 В напряжение на выходе становится равным нулю. Удобно управлять включением и выключением стабилизатора с помощью цифровых микросхем, имеющих питание 5 В.

В настоящее время промышленность выпускает интегральные стабилизаторы с фиксированным напряжением, содержащие в одном корпусе регулирующий транзистор и узлы управления им (микросхемы серий К142, КР142). Схема стабилизатора напряжением 5 В представлена на рис. 105. Микросхема КР142ЕН5А содержит узел защиты от перегрузки по току. Максимальное значение тока для этой микросхемы составляет около 3 А.

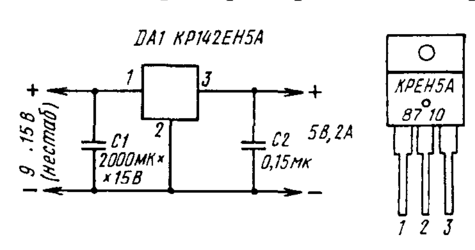


Рис. 105. Схема стабилизатора с фиксированным напряжением

На микросхеме К142ЕН3А можно выполнить стабилизированный источник напряжения, регулируемого в пределах от 3 до 30 В при токе нагрузки до 1 А. Схема представлена на рис. 106. Выходное напряжение регулируется резистором R4 и может быть вычислено по формуле $U_{вых} = 2{,}6(R4 + R5)/R5$, В. Суммарное сопротивление резисторов R4 и R5 не должно превышать 20 кОм. Ток ограничения $I_{огр}$ устанавливают резистором R3, сопротивление которого может быть вычислено по приближенной формуле $R3 = 0{,}6/I_{огр}$, где сопротивление берут в омах, а ток - в амперах. В стабилизаторе предусмотрена возможность отключения внешним сигналом. Для этого на резистор R1 подают положительное напряжение, которое должно обеспечивать ток через резистор R1 не более 3мА. В стабилизаторе

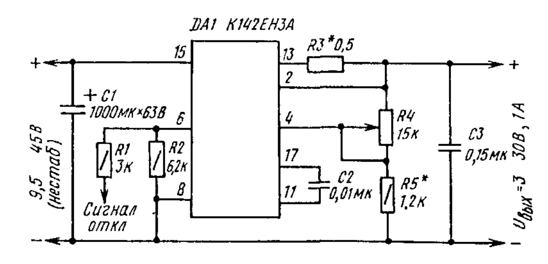


Рис. 106. Схема регулируемого источника напряжения на базе интегрального стабилизатора К142ЕН3А

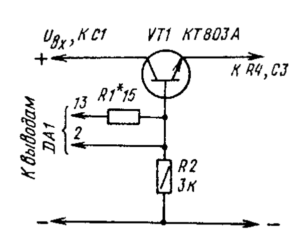


Рис. 107. Схема усилителя выходного тока стабилизатора напряжения

предусмотрена также тепловая защита (при нагревании корпуса микросхемы до определенной температуры выходное напряжение уменьшается до нуля). Температура отключения определяется сопротивлением резистора R2.

Микросхема DA1 должна быть установлена на радиаторе, обеспечивающем требуемую рассеиваемую молодость. Она не должна превышать 6 Вт. Для обеспечения этого условия во всем диапазоне регулируемого выходного напряжения следует применять ступенчатое регулирование выходного напряжения.

Если требуется увеличить допустимый выходной ток, можно применить усилитель тока на транзисторе.

Фрагмент схемы приведен на рис. 107. Резистор R1 подбирают исходя из требуемого тока ограничения (он выполняет ту же функцию, что и резистор R3 в предыдущей схеме). Ток нагрузки может достигать 5...10 А.

Иногда возникает необхсдимость получить двуполярное напряжение от однополярного источника (например, для питания операционных усилителей). В этом случае можно воспользоваться приставкой, схема которой представлена на рис. 108.

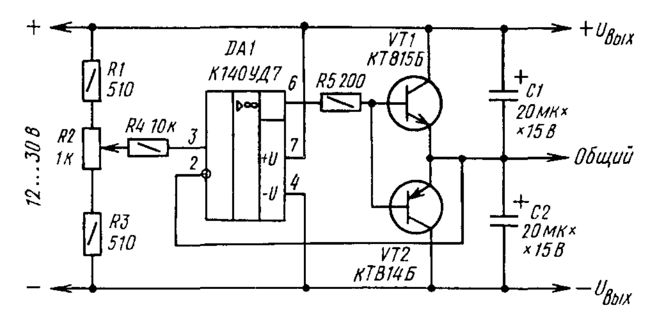


Рис. 108. Схема приставки для получения двуполярного напряжения из однополярного

Устройство представляет собой усилитель постоянного тока, выполненный на операционном усилителе DA1 и транзисторах VT1, VT2, включенных по схеме эмиттерного повторителя. Работает устройство следующим образом. Задающее напряжение подается на неинвертирующий вход ОУ (вывод 3) с делителя R1-R3 через резистор R4. На инвертирующий вход ОУ (вывод 2) подается сигнал с выхода эмиттерного повторителя (сигнал отрицательной обратной связи). Допустим, что по какой-либо причине напряжение на выходе эмиттерного повторителя стало больше, чем напряжение на движке переменного резистора R2. Тогда на входах ОУ будет действовать результирующий отрицательный сигнал. Напряжение на выходе ОУ при этом уменьшится, что вызовет приоткрывание транзистора VT2 и призакрывание транзистора VT1. В результате напряжение на выходе снизится. Поскольку коэффициент усиления ОУ составляет несколько десятков тысяч (для данного типа более 30 000), то в процессе работы напряжения на входах ОУ будут равны, следовательно, напряжение на выходе эмиттерного повторителя полностью определяется положением движка переменного резистора R2.

Операционный усилитель К140УД7 можно заменить на К140УД8, К140УД14, К140УД20, К140УД9. Выбор транзисторов VT1, VT2 определяется максимальным током, который необходимо получить от источника. Заметим, что через эти транзисторы протекает ток, равный разности токов нагрузок, подключенных к положительному и отрицательному выходам. Исходя из этого следует выбирать и радиаторы для транзисторов. Кроме того, ток через транзисторы не может быть больше максимального выходного тока ОУ, умноженного на статический коэффициент передачи тока транзисторов $h_{21Э}$. В данном случае он может достигать 200 мА. При необходимости получения бо́льших токов следует применять составные транзисторы.

Двуполярные блоки питания

Для питания многих радиотехнических устройств требуется стабилизированный источник постоянного напряжения. Ниже будут приведены описания двух вариантов такого блока питания.

Схема первого варианта двуполярного блока питания показана на рис. 109. Напряжения на обоих его плечах регулируются независимо в пределах 0...12 В. Максимальный выходной ток блока питания равен 1 А. Коэффициент стабилизации по выходному напряжению не менее 2000, выходное сопротивление не более 0,01 Ом.

Принцип действия этого стабилизатора напряжения аналогичен рассмотренному выше, но имеется и существенное отличие. Оно

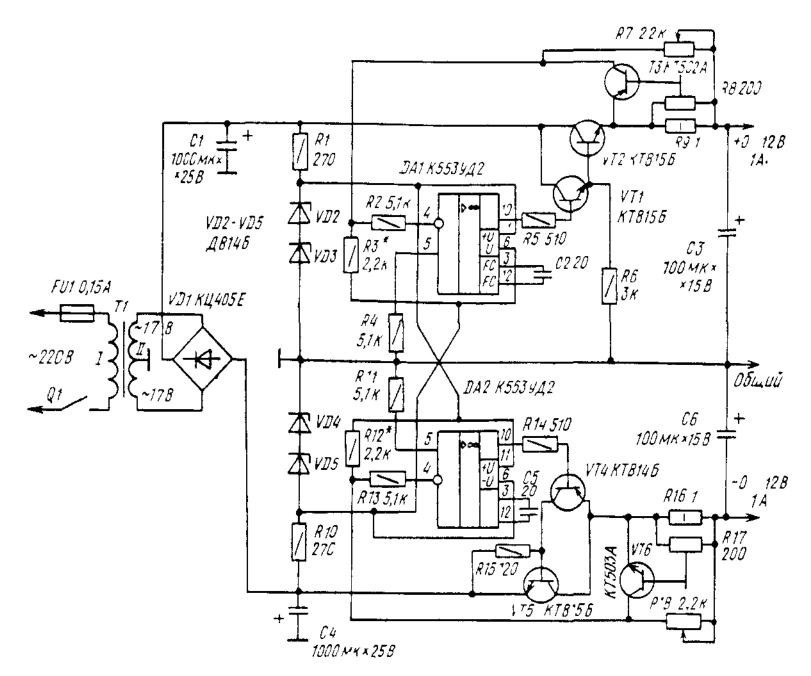


Рис. 109. Схема двуполярного блока питания (первый вариант)

состоит в том, что оба ОУ питаются двуполярным напряжением, снимаемым с параметрических стабилизаторов VD2VD3R1 и VD4VD5R10. Благодаря такому включению ОУ напряжение на его выходе может изменяться от максимального отрицательного до максимального положительного значения. Это позволило обеспечить регулирование выходного напряжения обеих полярностей, начиная от 0 В. При питании ОУ однополярным напряжением, как это сделано в предыдущей схеме, минимальное значение выходного напряжения составит 2...4 В, а это ограничит возможности стабилизатора при наладке различных устройств.

Неинвертирующие входы обоих ОУ (выводы 5 микросхем) через резисторы R4 и R11 соединены с общим проводом, поэтому на этих входах ОУ- нулевой потенциал. В процессе работы такой же потенциал поддерживается и на инвертирующих входах ОУ (выводы 4 микросхемы); напряжение на них подается через резисторы R2 и R13 с делителей напряжения R3R7 и R12R18. Изменением сопротивлений резисторов R7 и R18 можно изменять выходное напряжение от минимального (движки резисторов в крайнем левом по схеме положении) до максимального (движки резисторов в крайнем правом по схеме положении).

Элементы VT3, R8, R9 и VT6, R16, R17 образуют систему защиты стабилизаторов от перегрузок по току. Рассмотрим работу системы защиты на примере верхнего (по схеме) плеча стабилизатора. Выходной ток стабилизатора, протекая через резистор R9, создает на нем падение напряжения. В зависимости от положения движка подстроечного резистора R8 при определенном значении выходного тока начинает открываться транзистор VT3, уменьшая напряжение между выходным плюсовым проводом и инвертирующим входом ОУ DA1. При этом составной транзистор VT1VT2 начинает закрываться, ограничивая тем самым выходной ток стабилизатора на определенном уровне.

При налаживании различных устройств, питаемых от такого блока, можно устанавливать различные токи ограничения.

Блок питания не боится и коротких-замыканий, т. к. выходной ток каждого плеча также ограничивается системами защиты. Однако при длительном (несколько минут) коротком замыкании из-за перегрева могут выйти из строя регулирующие транзисторы VT2 и VT5.

Транзисторы VT2 и VT5 устанавливают на теплоотводящих радиаторах с охлаждающей поверхностью не менее 200 см^2. Помимо обозначенных на схеме транзисторов можно применять транзисторы типов КТ815, КТ817, КТ819, КТ803, КТ808, КТ903 с любыми буквенными индексами; в качестве VT4 можно рекомендовать КТ814, КТ816, КТ502, МП25, МП26 с любыми буквами; в качестве VT1 - КТ608, КТ602, КТ630, КТ503 с любыми буквами; VT3 и VT6 - любого типа на допустимое напряжение между коллектором и эмиттером не менее 25 В соответствующей структуры. Оксидные конденсаторы C1, C3, C4, C6 - К50-16; C2, C5 - типов КТ-2а, К10-7в; подстроечные резисторы R8 и R17-типов СП5-2, переменные R7 и R18 - проволочные - типа ППБ-2А (можно применять и обычные углеродистые типов СП-1, СП-2, но срок их службы будет меньше). Номинальное значение сопротивления переменных резисторов может составлять 1...10 кОм, надо лишь помнить, что номиналы резисторов R3 и R7, R12 и R18 должны быть одинаковыми. Постоянные резисторы - типа МЛТ. Трансформатор T1 намотан на ленточном магнитопроводе ШЛ16$\times$32. Обмотка I содержит 1320 витков провода ПЭВ-1 0,23, обмотка II - 210 витков провода ПЭВ-1 0,62 с отводом от середины.

Двуполярный блок питания собран на печатной плате (рис. 110).

Налаживание двуполярного блока питания состоит в подборе резисторов R3 и R12 таким образом, чтобы при крайнем правом (по схеме) положении движков переменных резисторов R7 и R18 напряжения на выходах обоих плеч были бы максимальными и

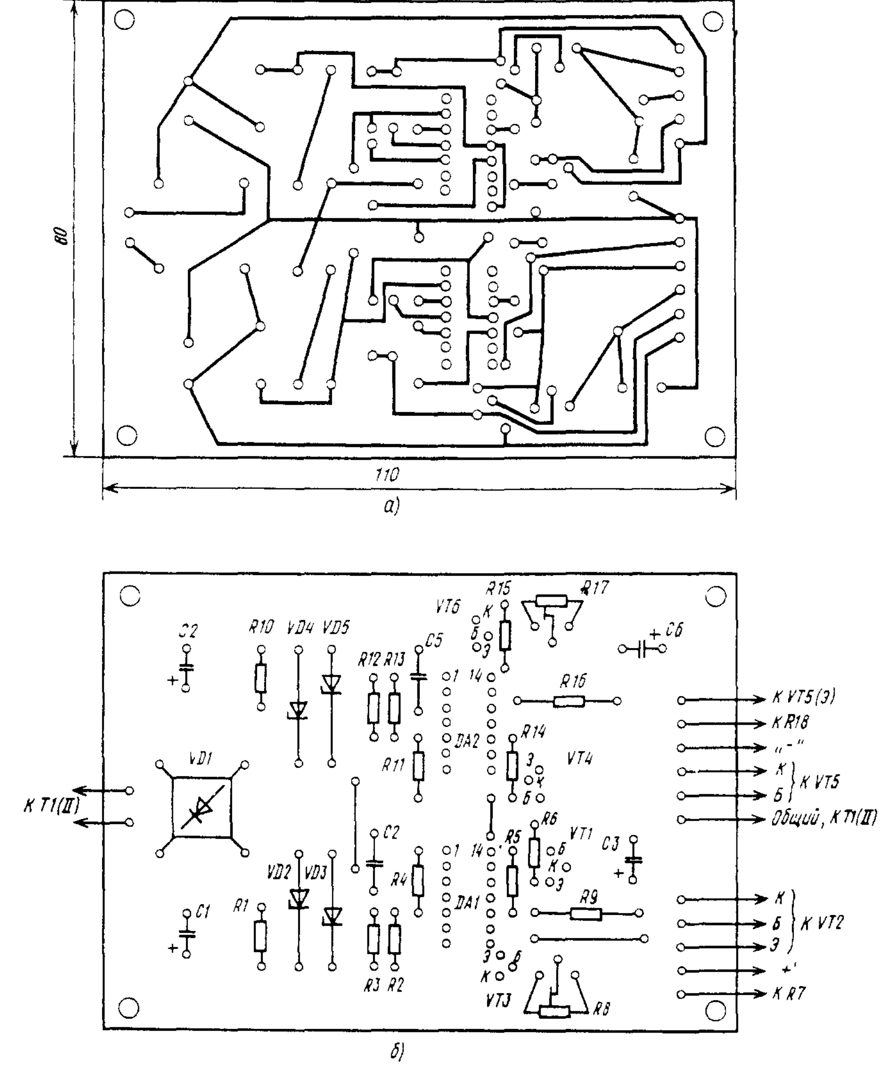
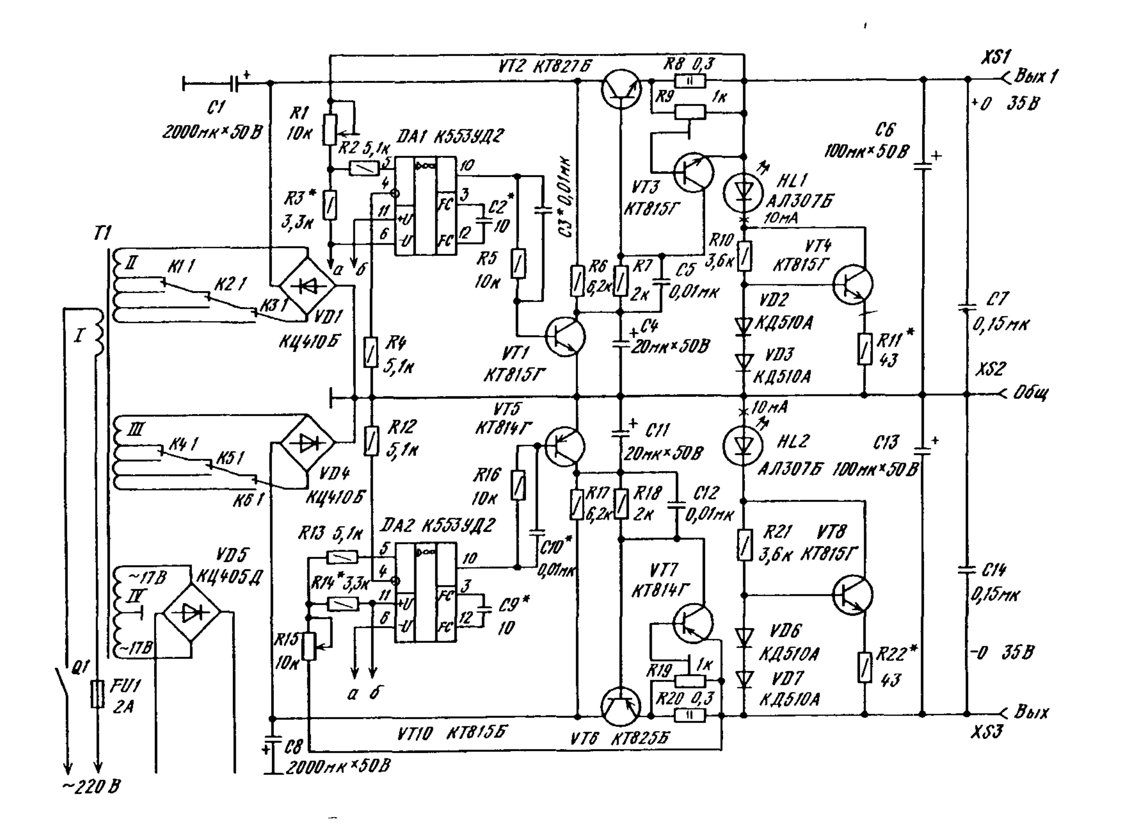


Рис. 110. Монтажная плата блока питания:
а - расположение печатных проводников, *б* - расположение деталей на плате

составляли 12...13 В. Подстроечными резисторами R8 и R17 устанавливают необходимый ток ограничения.

Второй вариант двуполярного блока питания (рис. 111) отличается от рассмотренного выше более широким диапазоном выходных напряжений и токов нагрузки, а также бóльшим КПД.


XS1
Вых 1
+0 35В
C1 2000мк×50В
R1 10к
R2 5,1к
DA1 К553УД2
R3* 3,3к
C2* 10
C3* 0,01мк
R5 10к
VT2 КТ827Б
R8 0,3
R9 1к
VT3 КТ815Г
HL1 АЛ307Б 10мА
C6 100мк×50В
T1
К1 1
К2 1
К3 1
VD1 КЦ410Б
R4 5,1к
VT1 КТ815Г
R6 6,2к
R7 2к
C5 0,01мк
C4 20мк×50В
R10 3,6к
VT4 КТ815Г
VD2 КД510А
VD3 КД510А
R11* 43
C7 0,15мк
XS2
Общ
R12 5,1к
VT5 КТ814Г
C11 20мк×50В
10мА
HL2 АЛ307Б
C13 100мк×50В
К4 1
К5 1
К6 1
VD4 КЦ410Б
R16 10к
R17 6,2к
R18 2к
C12 0,01мк
C10* 0,01мк
DA2 К553УД2
R13 5,1к
R14* 3,3к
R15 10к
C9* 10
R21 3,6к
VT8 КТ815Г
VT7 КТ814Г
VD5 КЦ405Д
~17В
C14 0,15мк
VD6 КД510А
VD7 КД510А
R22* 43
R19 1к
R20 0,3
-0 35В
Q1
FU1 2А
а б
Вых
XS3
VT10 КТ815Б
VT6 КТ825Б
C8 2000мк×50В
~220 В

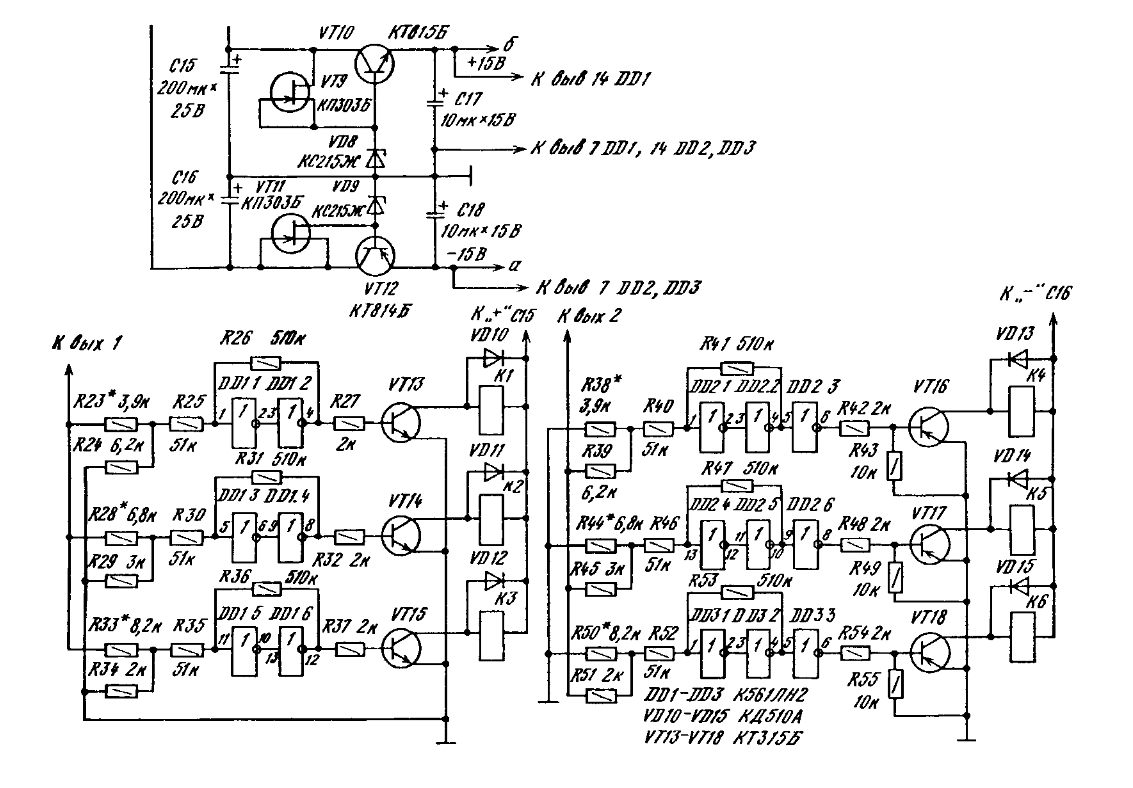


Рис. 111. Схема двуполярного блока питания (второй вариант). Транзисторы VT16 – VT18 типа КТ502Б

Напряжение каждого плеча регулируется в пределах 0...35 В. Ток нагрузки может достигать 3 А. Коэффициент стабилизации по входному напряжению не менее 2000, выходное сопротивление не более 0,005 Ом. Амплитуда пульсаций при максимальном токе нагрузки не превышает 5 мВ.

Принцип действия этого стабилизатора аналогичен рассмотренному выше, но имеются и отличия. Во-первых, использование усилителей напряжения на транзисторах VT1 и VT5 позволило получить выходное напряжение источника значительно большее, чем допустимое выходное напряжение операционного усилителя К553УД2 (оно составляет 10 В). Во-вторых, благодаря переключению выводов вторичных обмоток трансформатора в зависимости от значения выходного напряжения удалось уменьшить потери мощности на регулирующих транзисторах VT2, VT6, снизить их нагрев и повысить КПД устройства. Рассмотрим некоторые особенности источника питания. На транзисторах VT4 и VT8 выполнены стабилизаторы тока. Они обеспечивают протекание неизменного тока значением 10 мА через регулирующие транзисторы VT2 и VT6 при отсутствии внешней нагрузки; этот ток не зависит от выходного напряжения. Постоянная нагрузка на выходе стабилизатора предотвращает его возбуждение на высоких частотах.

На микросхемах DD1-DD3 выполнены шесть триггеров Шмитта, задающие пороги срабатывания электромагнитных реле К1-К6. Рассмотрим работу узла переключения обмоток на примере верхнего (по схеме) плеча источника питания. Основой узла являются три триггера Шмитта, выполненные на логических элементах микросхемы DD1. Порог срабатывания каждого собственно триггера при повышении напряжения составляет около 7 В, а гистерезис - около 1...1,5 В. Если напряжение на выходе 1 источника превышает порог срабатывания триггера, то срабатывают электромагнитные реле К1-К3. Реле К1 срабатывает при повышении выходного напряжения до 9 В, К2 - 18 В, К3 - 27 В. Пороги срабатывания триггеров Шмитта подстраиваются с помощью делителей R23R24, R28R29, R33R34. Контакты реле К1.1-К3.1 подключают к мостовому выпрямителю VD1 бóльшую или меньшую часть обмотки II трансформатора T1. При этом падение напряжения на регулирующем транзисторе VT2 не превышает 14 В, а мощность - 40 Вт. Нетрудно подсчитать, что при отсутствии такого узла переключения выводов обмотки максимальное напряжение на регулирующем транзисторе достигало бы 35...40 В при мощности до 120 Вт. Таким образом, значительно снижены тепловые потери на регулирующих транзисторах, что улучшило тепловой режим источника. При необходимости эти потери можно

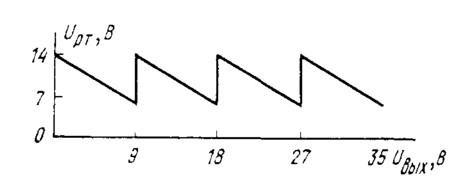


Рис. 112. Регулировочная характеристика источника питания

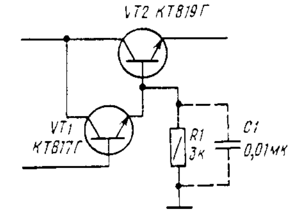


Рис. 113. Схема аналога составного транзистора *n-p-n* типа

снизить еще, увеличив число триггеров Шмитта в каждом плече стабилизатора до 5-7.

Зависимость падения напряжения на регулирующем транзисторе $U_{рт}$ от выходного напряжения $U_{вых}$ (регулировочная характеристика) показана на рис. 112.

Регулирующий узел нижнего (по схеме) плеча источника работает аналогично, только для управления реле К4-К6 использованы транзисторы проводимости *р-п-р* типа.

Напряжение питания операционных усилителей, реле К1-К6 и цепей эталонного напряжения снимают с маломощного двуполярного стабилизированного .выпрямителя, выполненного на транзисторах VT10 и VT12. Поскольку характеристики этого стабилизатора (в частности, уровень пульсаций) во многом определяют параметры источника питания в целом, стабилитроны VD8, VD9 питаются от стабилизаторов тока, выполненных на полевых транзисторах VT9 и VT11.

Составные транзисторы VT2, VT6 можно заменить парами транзисторов соответствующей проводимости. На рис. 113 показана схема аналога составного транзистора VT2. Аналогично заменяют и составной транзистор VT6, но используют транзисторы *р-п-р* типа (например, КТ816Г и КТ818Г). Конденсатор С1 может оказаться необходимым для устранения высокочастотного самовозбуждения.

Оксидные конденсаторы - типа К50-16 или К50-6, остальные - КМ-6, К10-23, К10-7В. Подстроечные резисторы R9, R19 - СП5-2, резисторы R8, R20 - С5-16МВ. Реле К1-К6 - РЭС-10 (паспорт РС4.524.302) или РЭС-34 (паспорт РС4.524.372). Трансформатор Т1 намотан на магнитопроводе ШЛМ40 × 50 (типовая мощность 270 Вт). Обмотка I содержит 525 витков провода ПЭВ-2 0,85; обмотки II и III - по 95 витков провода ПЭВ-2 1,32, отводы сделаны от 31, 54, 75-го витков, считая от верхних (по схеме) выводов обмоток; обмотка IV содержит 82 витка провода ПЭВ-2 0,31 с отводом от середины.

Транзисторы VT2 и VT6 установлены на радиаторы с охлаждающей поверхностью не менее 1000 $см^2$ каждый.

Налаживание источника питания начинают с установки тока, протекающего через светодиоды HL1, HL2, который должен составлять около 10 мА. Этого добиваются подборкой резисторов R11, R22, при этом выходное напряжение может составлять 5...35 В. Затем производят настройку порогов срабатывания триггеров Шмитта. Переменным резистором R1 (R15) устанавливают выходное напряжение равным нулю, а затем его плавно увеличивают. Реле К1-К3 должны срабатывать при напряжениях на выходе 1 источника 9, 18 и 27 В соответственно. Добиваются этого подборкой резисторов R23, R28 и R33. Затем аналогично настраивают пороги срабатывания триггеров в другом плече источника. После этого, установив движки переменных резисторов R1 и R15 в верхнее (по схеме) положение, резисторами R3 и R14 устанавливают максимальное напряжение обоих плеч 35 В.

Желательно с помощью осциллографа проверить, не возбуждается ли источник питания на высокой частоте. При наличии такого возбуждения следует подобрать конденсаторы С2, С3, С9, С10.

Поскольку выходное напряжение изменяют переменными резисторами, при установке напряжения к выходным зажимам следует подключать вольтметр. Если вместо переменных резисторов R1, R15 применить магазин постоянных резисторов и переключатели типа ПП10, имеющие оцифровку, выходное напряжение можно устанавливать переключателями без использования вольтметра.

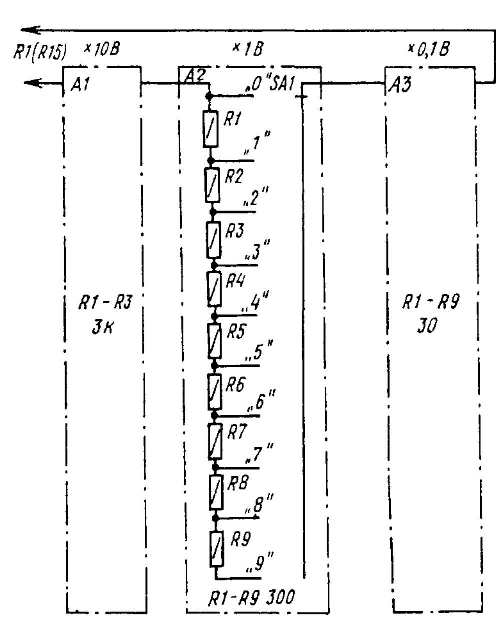


Рис. 114. Схема узла дискретного изменения выходного напряжения

При использовании трех переключателей шаг установки напряжения составит 0,1 В, что вполне достаточно для радиолюбительских целей. Схема показана на рис. 114. Общее сопротивление резисторов R1-R9, входящих в декады А1-А3, должно соответствовать сопротивлению переменных резисторов R1 и R15 и в данном случае равно примерно 10 ком. Поэтому сопротивления резисторов в декаде А1 составляют 3 кОм, в декаде А2 -

300 Ом, в декаде А3 - 30 Ом. При этом следует иметь в виду, что в декаде А1 используют только три резистора R1-R3, в декадах А2 и А3 - все девять резисторов.

Зарядное устройство для гальванических элементов

Рассмотрим возможность многократного использования гальванических элементов и батарей. Как известно, наибольший эффект дает зарядка асимметричным током при соотношении зарядного и разрядного токов 10 : 1.

Схема зарядного устройства представлена на рис. 115. Генератор импульсов с регулируемой скважностью выполнен на логических элементах DD1.1-DD1.3. Частота следования импульсов около 100 Гц. На транзисторах VT1 и VT2 собран ключ, усиливающий импульсы генератора по току. Если на выходе логического элемента DD1.3 напряжение низкого уровня, транзисторы VT1, VT2 открыты, и через батарею, подключенную к гнездам XS1, протекает зарядный ток. При напряжении высокого уровня на выходе элемента DD1.3 оба транзистора закрыты и батарея GB1 разряжается через резистор R7. Переменным резистором R1 изменяют в небольших пределах соотношение длительностей открытого и закрытого состояний транзистора VT2, т. е. скважность импульсов асимметричного тока.

Микросхему К561ЛН2 можно заменить на К561ЛА7, К176ЛА7; транзистор VT1 - любой из серий КТ203, КТ361, КТ501, VT2 - любой из серий КТ815, КТ817, КТ3117, КТ608. Диоды VD1, VD2 - Д311, КД503, КД509, Д223 с любыми буквами.

Налаживание устройства состоит в подборке резисторов R6 и R7 по требуемым значениям зарядного и разрядного токов. Напряжение питания выбирают в пределах 6...15 В в соответствии с общим напряжением заряжаемых элементов. Зарядный ток выбирают исходя из (6...10)-часового режима заряда. Скважность импульсов

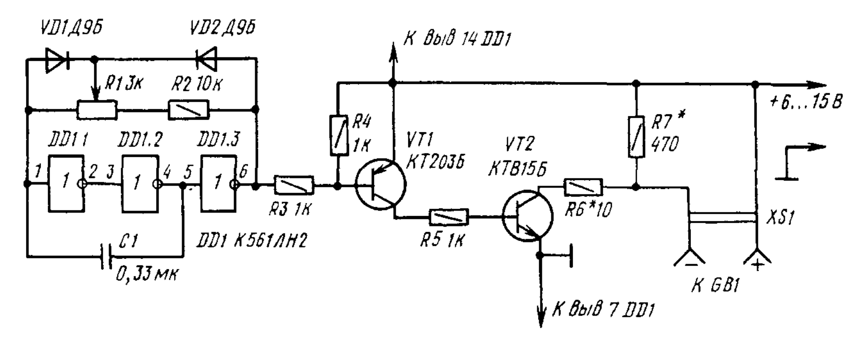


Рис. 115. Схема зарядного устройства для гальванических элементов

тока подбирают экспериментально - в зависимости от типа заряжаемых элементов.

Генераторы импульсов

Генераторы импульсов используют во многих радиотехнических устройствах (электронных счетчиках, реле времени), применяют при настройке цифровой техники. Диапазон частот таких генераторов может быть от единиц герц до многих мегагерц.

На рис. 116 приведена схема генератора, который формирует одиночные импульсы прямоугольной формы при нажатии кнопки SB1. На логических элементах DD1.1 и DD1.2 собран RS-триггер, предотвращающий проникновение импульсов дребезга контактов кнопки на пересчетное устройство. В положении контактов кнопки SB1, показанном на схеме, на выходе 1 будет напряжение высокого уровня, на выходе 2 - напряжение низкого уровня; при нажатой кнопке - наоборот. Этот генератор удобно использовать при проверке работоспособности различных счетчиков.

На рис. 117 показана схема простейшего генератора импульсов на электромагнитном реле. При подаче питания конденсатор C1 заряжается через резистор R1 и реле срабатывает, отключая источник питания контактами K1.1. Но реле отпускает не сразу, поскольку некоторое время через его обмотку будет протекать ток за счет энергии, накопленной конденсатором C1. Когда контакты K1.1 опять замкнутся, снова начнет заряжаться конденсатор - цикл повторяется.

Частота переключений электромагнитного реле зависит от его параметров, а также номиналов конденсатора C1 и резистора R1. При использовании реле РЭС-15 (паспорт РС4.591.004) переключение происходит примерно один раз в секунду.

Такой генератор можно использовать, например, для коммутации гирлянд на новогодней елке, для получения других световых

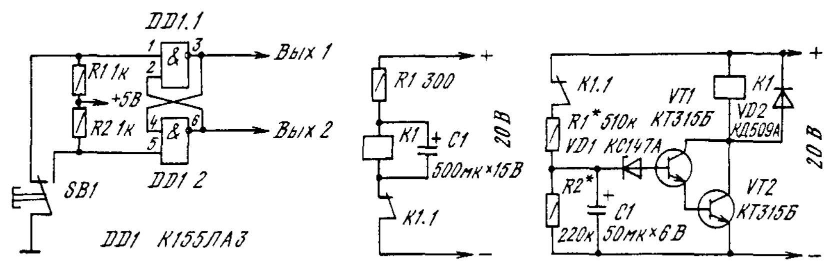


Рис.116. Схема формирователя одиночных импульсов

Рис.117. Схема генератора на электромагнитном реле

Рис.118. Схема генератора импульсов на транзисторах и электромагнитном реле

эффектов. Его недостаток - необходимость использования конденсатора значительной емкости.

На рис. 118 приведена схема еще одного генератора на электромагнитном реле, принцип работы которого аналогичен предыдущему генератору, но обеспечивает частоту импульсов 1 Гц при емкости конденсатора в 10 раз меньшей. При подаче питания конденсатор C1 заряжается через резистор R1. Спустя некоторое время откроется стабилитрон VD1 и сработает реле K1. Конденсатор начнет разряжаться через резистор R2 и входное сопротивление составного транзистора VT1VT2. Вскоре реле отпустит и начнется новый цикл работы генератора. Включение транзисторов VT1 и VT2 по схеме составного транзистора повышает входное сопротивление каскада.

Реле K1 может быть таким же, как и в предыдущем устройстве. Но можно использовать РЭС-9 (паспорт РС4.524.201) или любое другое реле, срабатывающее при напряжении 15...17 В и токе 20...50 мА.

В генераторе импульсов, схема которого приведена на рис. 119, использованы логические элементы микросхемы DD1 и полевой транзистор VT1. При изменении номиналов конденсатора C1 и резисторов R2 и R3 генерируются импульсы частотой от 0,1 Гц до 1 МГц. Такой широкий диапазон получен благодаря использованию полевого транзистора, что позволило применить резисторы R2 и R3 сопротивлением в несколько мегаом. С помощью этих резисторов можно изменять скважность импульсов: резистор R2 задает длительность напряжения высокого уровня на выходе генератора, а резистор R3 - длительность напряжения низкого уровня. Максимальная емкость конденсатора C1 зависит от его собственного тока утечки. В данном случае она составляет 1...2 мкФ. Сопротивления резисторов R2, R3 - 10...15 МОм. Транзистор VT1 может быть любым из серий КП302, КП303.

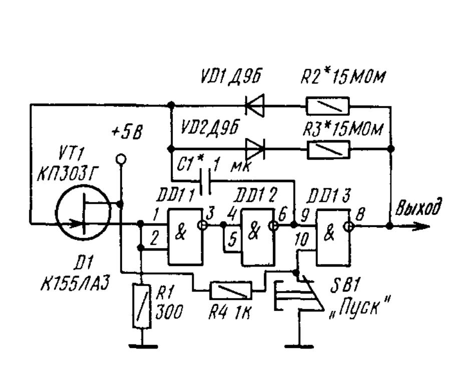


Рис. 119. Схема широкодиапазонного генератора импульсов

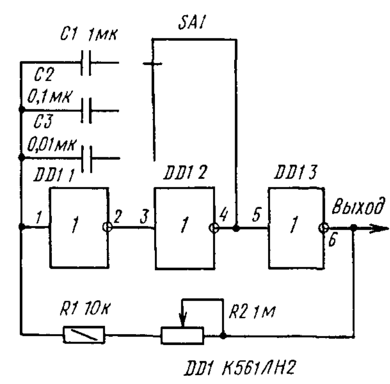


Рис. 120. Схема генератора импульсов на микросхеме КМОП

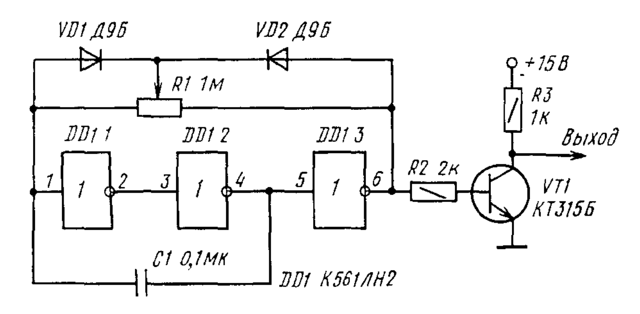


Рис. 121. Схема генератора импульсов с регулируемой скважностью

При наличии микросхемы КМОП (серия К176, К561) можно собрать широкодиапазонный генератор импульсов без применения полевого транзистора.

Схема приведена на рис. 120. Для удобства установки частоты емкость конденсатора времязадающей цепи изменяют галетным переключателем SA1. Диапазон частот, формируемых генератором, составляет 1...10 000 Гц.

На рис. 121 представлена схема генератора импульсов с регулируемой скважностью. Скважность, т. е. отношение периода следования импульсов к длительности напряжения высокого уровня на выходе логического элемента DD1.3, резистором R1 может изменяться от 1 до нескольких тысяч. При этом частота импульсов также незначительно изменяется. Транзистор VT1, работающий в ключевом режиме, усиливает импульсы по мощности.

Генератор, схема которого приведена на рис. 122, вырабатывает импульсы как прямоугольной, так и пилообразной формы. Задающий генератор выполнен на логических элементах DD1.1-DD1.3. На конденсаторе С2 и резисторе R2 собрана дифференцирующая цепь, благодаря которой на выходе логического элемента DD1.5 форми-

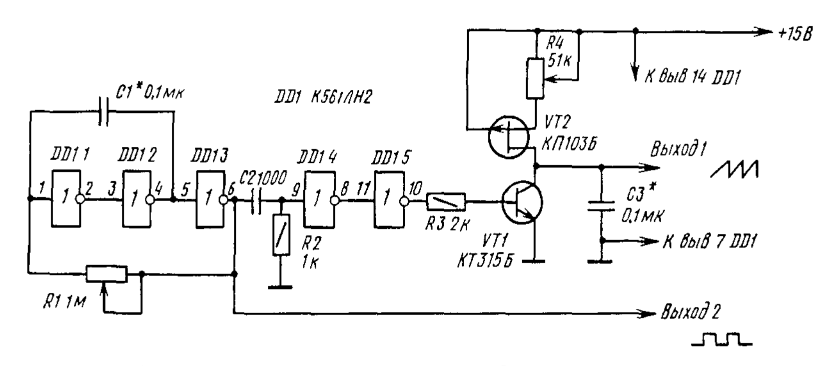


Рис. 122. Схема генератора пилообразных импульсов

руются короткие положительные импульсы (длительностью около 1 мкс). На полевом транзисторе VT2 и переменном резисторе R4 выполнен регулируемый стабилизатор тока. Этот ток заряжает конденсатор С3, и напряжение на нем линейно возрастает. В момент поступления на базу транзистора VT1 короткого положительного импульса транзистор VT1 открывается, разряжая конденсатор С3. На его обкладках таким образом формируется пилообразное напряжение.

Резистором R4 регулируют ток зарядки конденсатора и, следовательно, крутизну нарастания пилообразного напряжения и его амплитуду. Конденсаторы С1 и С3 подбирают исходя из требуемой частоты импульсов.

Иногда возникает необходимость в построении генератора, который формирует число импульсов, соответствующее номеру нажатой кнопки.

Принципиальная схема устройства (первый вариант), реализующего такую возможность, приведена на рис. 123. Функционально оно включает генератор импульсов, счетчик и дешифратор. Генератор прямоугольных импульсов собран на логических элементах DD1.3 и DD1.4. Частота следования импульсов около 10 Гц. С выхода генератора импульсы поступают на вход двоично-десятичного счетчика, выполненного на микросхеме DD2. Четыре выхода счетчика соединены со входами микросхемы DD3, представляющей собой дешифратор на 4 входа и 16 выходов.

При подаче питающего напряжения на правых (по схеме) контактах всех пятнадцати кнопок SB1-SB15 будет напряжение низкого уровня, обеспечиваемое наличием низкоомного резистора R5. Это напряжение подается на вход ждущего мультивибратора, выполненного на элементах DD1.1, DD1.2 и конденсаторе С1, и

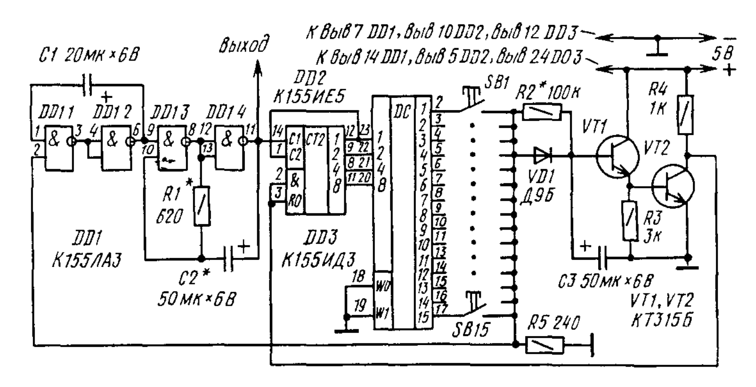


Рис. 123. Схема числоимпульсного генератора (первый вариант)

гасящего импульсы дребезга контактов кнопок. На выходе ждущего мультивибратора - напряжение низкого уровня, поэтому генератор импульсов не работает. При нажатии одной из кнопок конденсатор C3 мгновенно заряжается через диод VD1 до напряжения высокого уровня, в результате чего на выводах 2 и 3 счетчика DD2 появляется напряжение низкого уровня, устанавливающее его в рабочее состояние. Одновременно через замкнутый контакт нажатой кнопки напряжение высокого уровня подается на вход ждущего мультивибратора, и импульсы генератора поступают на вход счетчика. При этом на выходах дешифратора последовательно появляется напряжение низкого уровня. Как только оно появится на выходе, с которым соединен контакт нажатой кнопки, подача импульсов на вход счетчика прекратится. С вывода 11 элемента DD1.4 будет снято число импульсов, соответствующее номеру нажатой кнопки. Если продолжать удерживать кнопку нажатой, то через некоторое время конденсатор C3 разрядится через резистор R2, счетчик DD2 установится в нулевое состояние и генератор выдаст новую серию импульсов. До окончания серии импульсов кнопку отпускать нельзя.

В устройстве использованы резисторы МЛТ-0,25; оксидные конденсаторы - К50-6. Транзисторы VT1, VT2 могут быть серий КТ312, КТ315, КТ503, КТ201, диод VD1 - серий Д7, Д9, Д311. Кнопки SB1-SB15 - типов П2К, КМ1-1 и др.

Настройка числоимпульсного генератора заключается в установке подбором резистора R1 и конденсатора C2 требуемой частоты следования импульсов генератора, которая может быть в пределах от единиц герц до десятков килогерц. При частоте выше 100 Гц для выдачи полной серии импульсов требуется время не более 0,15 с, поэтому кнопку можно не удерживать пальцем - короткого нажатия ее вполне достаточно для формирования пачки импульсов.

На рис. 124 представлена схема еще одного числоимпульсного генератора (второй вариант), по принципу работы аналогичного описанному выше. Благодаря применению микросхем серии К176 схема генератора упростилась. Генератор формирует от 1 до 9 импульсов.

В двух описанных выше вариантах числоимпульсных генераторов необходимо удерживать кнопку нажатой до окончания серии импульсов, в противном случае на выход поступит неполная пачка импульсов. Это является недостатком. На рис. 125 приведена схема третьего варианта числоимпульсного генератора, в котором импульсы начинают вырабатываться после отпускания кнопки.

На микросхемах DD1, DD2 и диодах VD1-VD3 собран шифратор, преобразующий десятичное число в двоичный код. Сигналы с выходов шифратора подаются на входы D1, D2, D4, D8 микросхемы

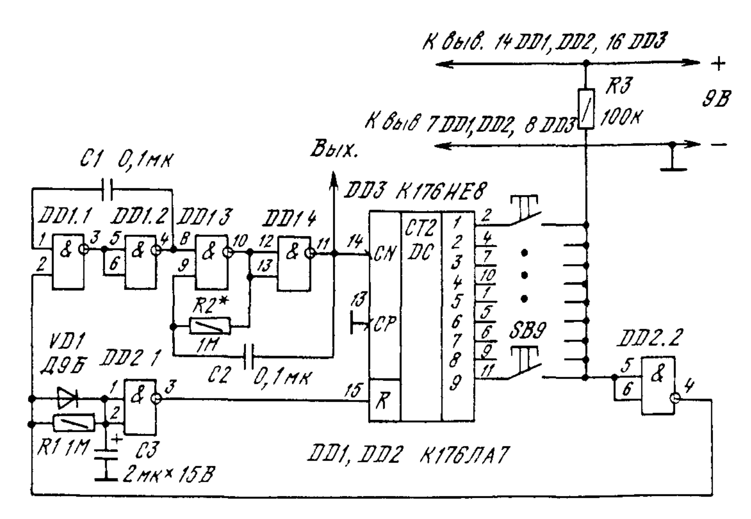


Рис. 124. Схема числоимпульсного генератора (второй вариант)

DD4 (реверсивный счетчик) и на входы логического элемента 4ИЛИ-НЕ (DD3.1)

Рассмотрим работу генератора при нажатии кнопки SB3 Когда кнопка нажата, на выходах логических элементов DD1.1 и DD1.2 установится напряжение высокого уровня. а на выходах DD2.1, DD2.2 сохранится напряжение низкого уровня. На выходе логического элемента DD3.1 появится напряжение низкого уровня, которое через дифференцирующую цепь C1R11 поступит на вход С реверсивного счетчика DD4 и установит его в состояние 1100. При этом на выходе логического элемента DD3.2 установится напряжение низкого уровня, которое инвертируется логическим элементом DD5.1 и подготавливает к работе генератор на логических элементах DD5.2-DD5.4. После отпускания кнопки SB3 на выходе элемента DD3.1 появится напряжение высокого уровня, которое будет подано на выход 12 микросхемы DD5, начнет работать генератор. Импульсы с его выхода (вывод 11 микросхемы DD5) поступают на вход -1 реверсивного счетчика. При этом происходит уменьшение числа, записанного в счетчике, и на выходах 1, 2, 4, 8 счетчика последовательно появляются комбинации логических уровней 0100. 1000. 0000. При установке счетчика в состояние 0000 на выходе логического элемента DD3.2 установится напряжение высокого уровня, и генератор остановится. На выход поступит три импульса.

Частота импульсов генератора определяется элементами C2 и R12 и может изменяться в широких пределах (от единип герц до сотен килогерц).

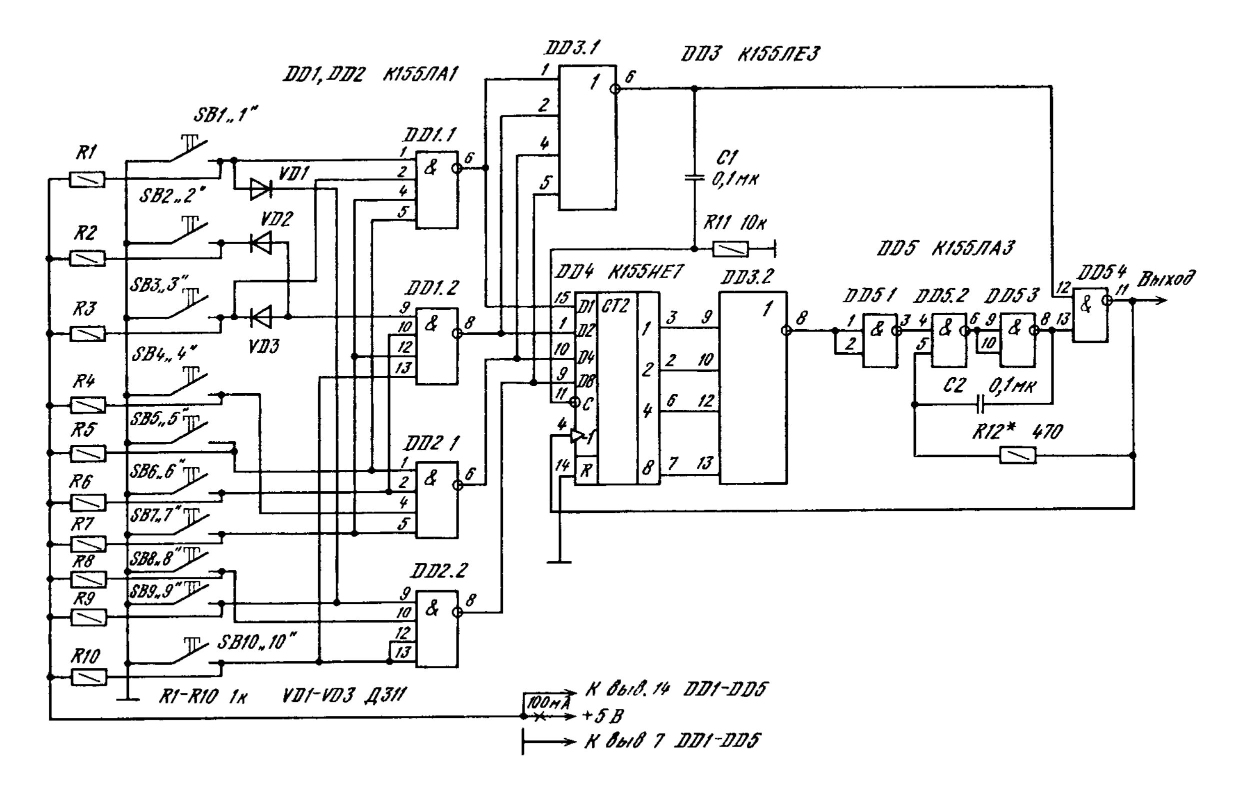


Рис. 125. Схема числоимпульсного генератора (третий вариант)

В описанных здесь генераторах импульсов можно использовать резисторы МЛТ-0,25, конденсаторы К50-6, КМ-6. Транзисторы КТ315Б можно заменить транзисторами из серий КТ312, КТ315, КТ316, КТ503. Диоды-любые из серий Д7, Д9, Д311. Кнопки - типов П2К, КМ1 и др. Микросхемы могут быть серий К133, К134, К136, К158, КР531, К555 для первого и третьего вариантов; К561 - для второго варианта.

Лабораторный трансформатор

При разработке различных устройств возникает необходимость регулирования переменного сетевого напряжения. Если при этом допускается искажение синусоидальной формы напряжения, можно применять тринисторные регуляторы, о которых рассказывалось выше. Если же требуется синусоидальное напряжение, необходимо применять трансформатор. Удобным является лабораторный автотрансформатор (например, типа ЛАТР-2М), обмотка которого намотана на тороидальном магнитопроводе, а подвижный контакт скользит по торцевой поверхности обмотки (предварительно очищенной от изоляции).

Однако такие трансформаторы весьма дефицитны. Кроме того, надежность подвижного контакта со временем ухудшается. Гальва-

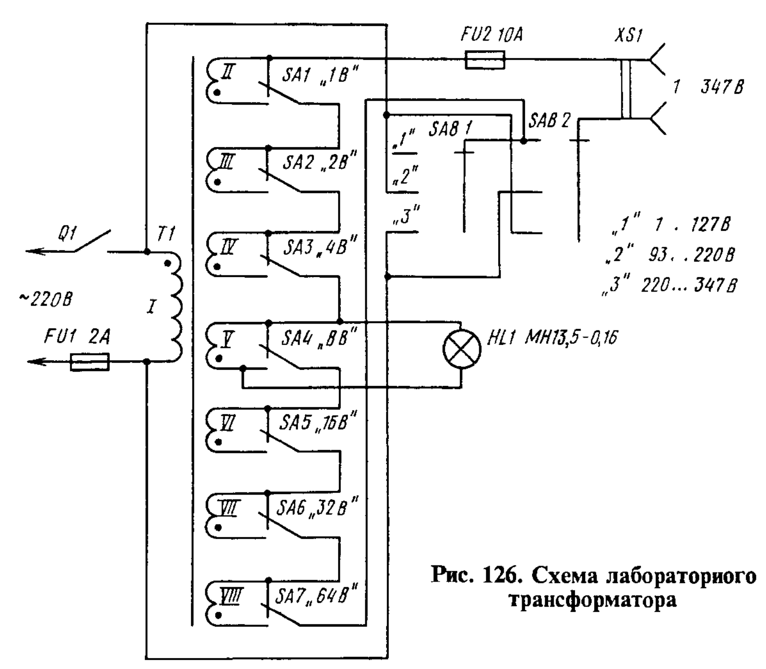


Рис. 126. Схема лабораторного трансформатора

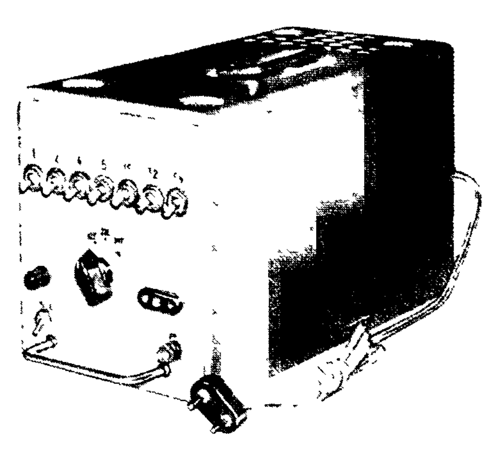


Рис. 127. Внешний вид лабораторного трансформатора

ническая связь с сетью выходных зажимов также не всегда допустима.

Устройство, схема которого представлена на рис. 126, позволяет изменять синусоидальное напряжение на нагрузке в пределах от 1 до 347 В ступенями через 1 В, при этом на поддиапазоне изменения напряжений 1...127 В гальваническая связь с сетью отсутствует. Допустимый выходной ток определяется наименьшим сечением провода обмотки из всех обмоток, участвующих в образовании требуемого напряжения, при этом максимальная мощность не должна превышать 170 Вт.

Регулирование напряжения осуществляется в трех поддиапазонах, тот или иной диапазон выбирается переключателем SA8. В первом поддиапазоне в формировании выходного напряжения участвуют обмотки II-VIII трансформатора T1. Напряжения обмоток имеют значения, равные степеням числа 2:2^0, 2^1,...2^6. Таким образом, путем последовательного соединения требуемых обмоток можно получить любое напряжение от 1 до 127 В ступенями через 1 В. Соединение обмоток производится переключателями SA1-SA7. В показанном на схеме положении переключателей все обмотки выключены.

В положении "2" переключателя SA8 вторичные обмотки трансформатора включаются последовательно-встречно с первичной обмоткой, и их напряжения вычитаются. Следовательно, результирующее выходное напряжение может изменятся от 93 В (220 В – 127 В) , когда все вторичные обмотки выключены.

В положении "3" переключателя SA8 вторичные обмотки трансформатора соединяются последовательно согласно с первичной обмоткой, так что их напряжение, когда вторичные обмотки включены, составляет 220 В (220 В±0 В): максимальное выходное напряжение, когда в работу включены все вторичные обмотки, составляет 347 В (220 В + 127 В).

Трансформатор T1 выполнен на магнитофоне ШЛ25×40. Намоточные данные всех обмоток и максимальные токи представлены в табл. 4. Начала обмоток на принципиальной схеме обозначены

Таблица 4

Номер обмотки	Напряжение обмотки, В	Число витков	Диаметр провода, мм	Ток обмотки, А
I	220	846	0,68	0,8
II	1	4,5	2,44	10
III	2	9	2,44	10
IV	4	17	1,6	4,6
V	8	34	1,5	4
VI	16	68	1,5	4
VII	32	136	0,8	1,1
VIII	64	272	0,6	0,6

точками. Тип обмоточного провода – ПЭВ-2 (обмотки I, IV–VIII), ПБД (обмотки II–III).

Первой наматывают обмотку I, затем VIII, VII, ..., II.

В качестве выключателя питания Q1, переключателей SA1-SA7 можно использовать тумблеры типа ТВ1-4, ТВ2-1 или ТП1-2. Галетный переключатель SA8 - ПГК-3П6Н, причем для повышения надежности контакты объединены в два переключателя по три группы контактов в каждом. Внешний вид лабораторного трансформатора представлен на рис. 127.

ОТДЕЛЬНЫЕ УЗЛЫ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Счетные декады

В этом разделе приведены описания различных узлов электронных устройств, которые могут быть использованы при разработке разнообразных конструкций. Применение таких узлов позволит упростить разработку приборов и сократить требующееся на это время.

На рис. 128 показаны схемы трех декад с использованием в них вакуумных люминесцентных индикаторов ИВ-3, ИВ-4, ИВ-6. В декаде по схеме рис. 128,а работают десятичный дешифратор К155ИД1 и дешифратор, выполненный на диодах VD1-VD2. В декаде по схеме рис. 128,б,в использована микросхема К176ИЕ4, представляющая собой двоичный счетчик, и дешифратор двоичного кода в код семисегментного индикатора. Триггеры микросхем К176ИЕ4 декад устанавливают в нулевое состояние подачей напряжения высокого уровня на вход R, а переключаются триггеры спадом положительных импульсов на входе С. На выходах a-g микросхемы формируются сигналы управления семисегментным индикатором. При подаче напряжения низкого уровня на вход S состояние декады определяется напряжением высокого уровня на выходах a-g; при поступлении же на вход 5 напряжения высокого уровня состояние декады определяется напряжением низкого уровня. Такое переключение полярности сигналов расширяет область применения микросхем.

В декадах по рис. 128,б и в используются транзисторы разной структуры. В первой из них могут работать транзисторы КТ315 (Г-Е, И), КТ503, КТ608 (с любыми буквенными индексами), во второй - КТ208 (кроме букв А-В), КТ209Г (Д-Ж, И-М), КТ3107А (Б-Д, И, К).

Аноды люминесцентного индикатора можно подключать непосредственно к выходам микросхемы К176ИЕ4, как показано на рис. 117,г, однако при этом яркость их свечения ухудшится. Способ подключения люминесцентного индикатора к дешифратору К514ИД1 показан на рис. 128,д. При этом напряжение 10 В на анодах индикатора получается в результате соединения одного из выходов накала (он одновременно служит и катодом) с источником питания -5 В. На рис. 128,е приведен пример использования в

качестве высоковольтных ключей инверторов микросхемы К155ЛН3, рассчитанных на переключение напряжений до 30 В.

На рис. 129 показаны схемы вариантов счетчиков с индикацией состояния светодиодными индикаторами. Дешифратор К514ИД1 (рис. 129,а) предназначен для работы с индикаторами, имеющими общий катод; дешифратор К514ИД2 (рис. 129,б) управляет индикаторами с общим анодом. В первом случае максимально допустимый выходной ток микросхемы равен 7,5 мА, во втором - 22 мА.

Варианты использования микросхемы К176ИЕ4 для совместной работы со светодиодными индикаторами показаны на рис. 129, в-д. К выходам микросхемы К176ИЕ4 счетчика по схеме рис. 129, д можно подключить индикаторы с током потребления на каждый сегмент не более 2...3 мА.

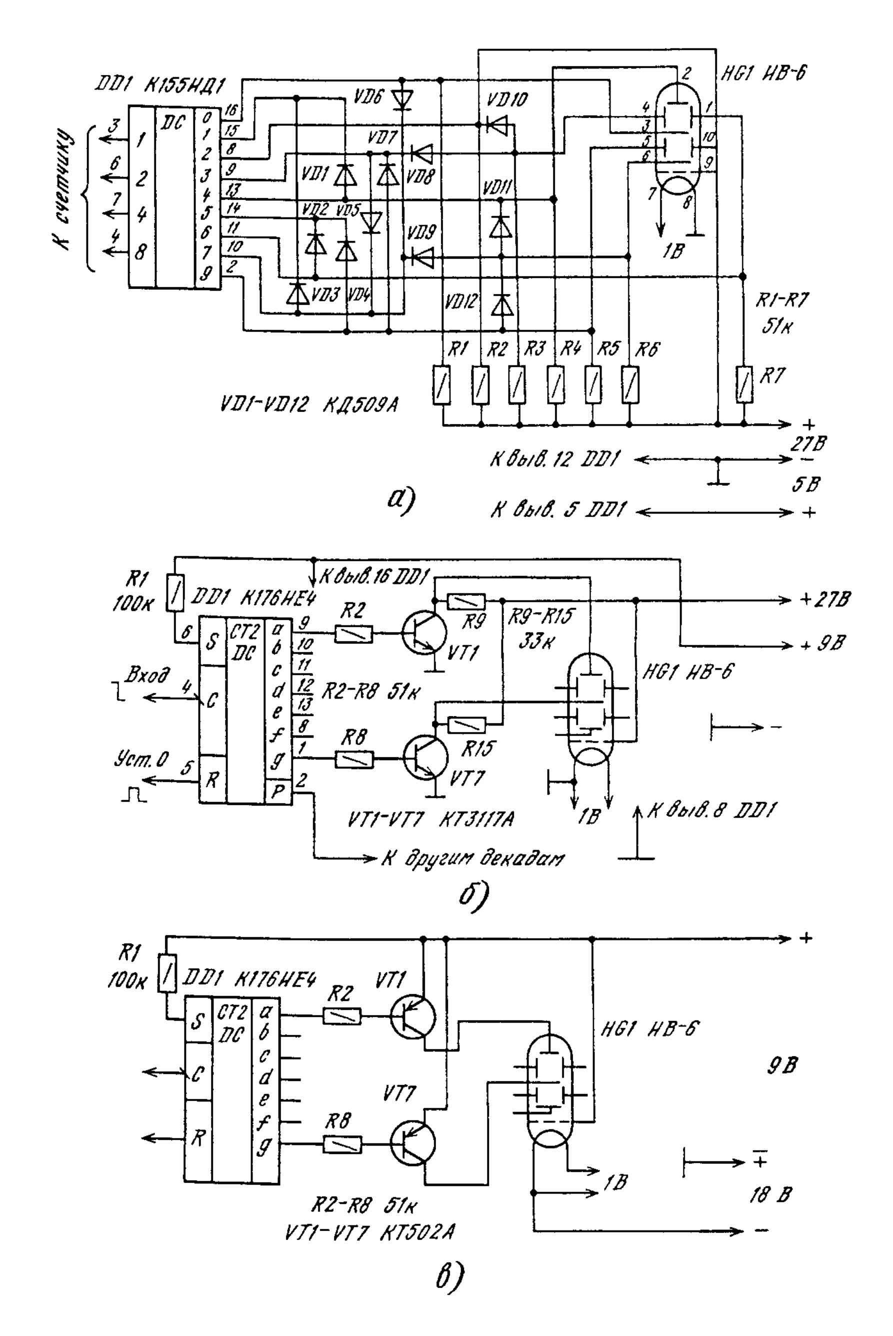
Счетчик импульсов с динамической индикацией

Цифровые счетчики импульсов получили широкое распространение при конструировании цифровых измерительных приборов, дисплеев, электронных часов, электронных игр и т. д.

Предлагаемое устройство представляет собой 4-разрядный счетчик импульсов, работающий по методу динамической индикации, когда один и тот же дешифратор с транзисторными ключами используется для дешифрации состояний четырех декадных счетчиков и для управления четырьмя газоразрядными индикаторами.

Использование метода динамической индикации позволяет применять один и тот же узел счетчика (как правило - дешифратор) для работы в нескольких разрядах счетчика. Это дает возможность уменьшить число используемых элементов. Метод динамической индикации удобен и тогда, когда индикаторные лампы должны находиться на удалении от самого устройства: в этом случае за счет использования динамической индикации сократится число жил в соединительном кабеле. На рис. 130 показана принципиальная схема счетчика, а на рис. 131 - схема включения индикаторов, входных цепей и цепей питания.

На микросхемах DD1-DD4 собраны декадные счетчики, соединенные последовательно друг с другом. Напомним, что микросхема К155ИЕ2 состоит из триггера со счетным входом С1 и счетчика с коэффициентом пересчета 5 со входом С2. Если выход триггера соединить со входом счетчика (т. е. соединить выводы 12 и 1 микросхемы), получится последовательный двоично-десятичный счетчик, работающий в коде 1-2-4-8. Временные эпюры напряжений такого счетчика показаны на рис. 132. Триггеры счетчиков устанавливают в состояние 0, одновременно подавая напряжение высокого


DD1 K155ИД1
DC
К счетчику
VD1-VD12 КД509А
R1-R7
51к
HG1 ИВ-6
1В
27В
5В
К выв. 12 DD1
К выв. 5 DD1
а)
R1
100к
DD1 K176ИЕ4
CT2
DC
К выв.16 DD1
R2-R8 51к
R9-R15
33к
VT1-VT7 КТ3117А
Вход
Уст.0
К другим декадам
К выв.8 DD1
+27В
+9В
б)
VT1-VT7 КТ502А
9В
18 В
в)

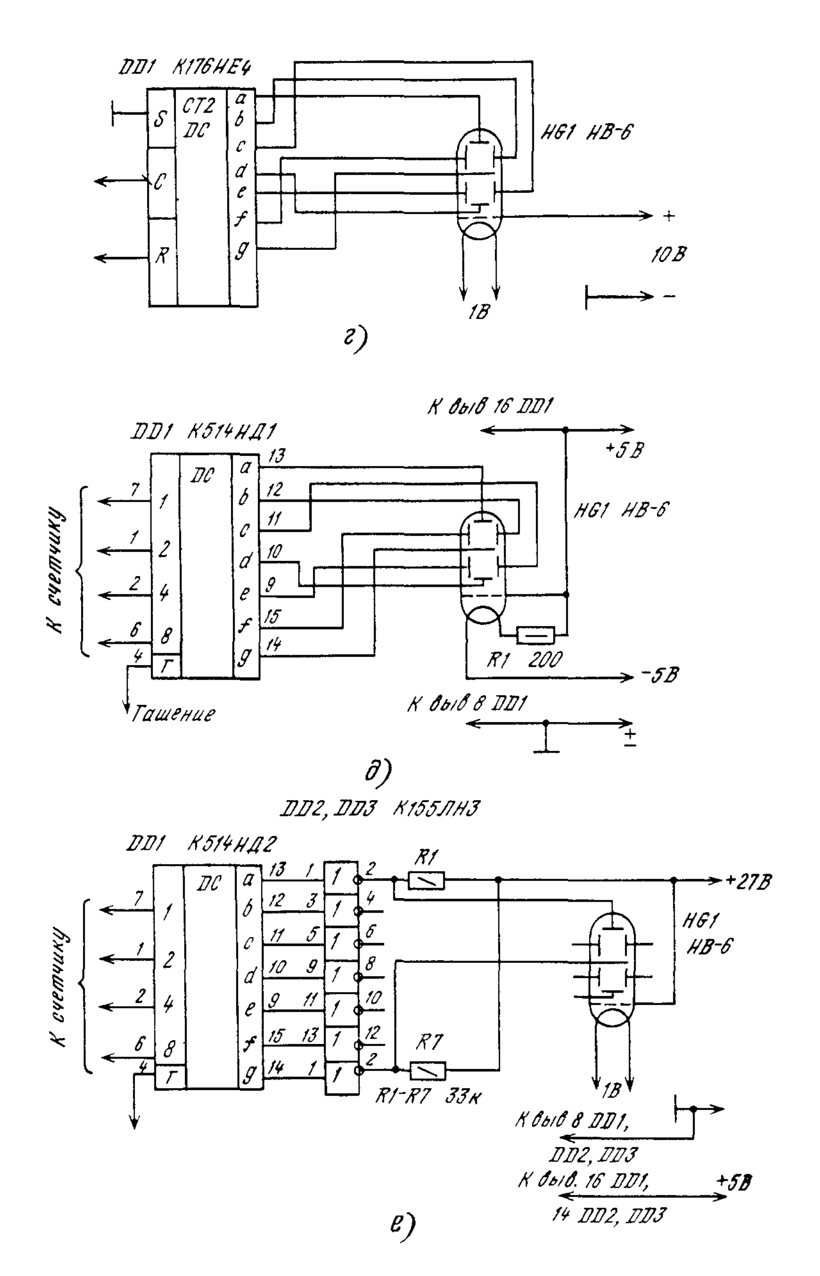
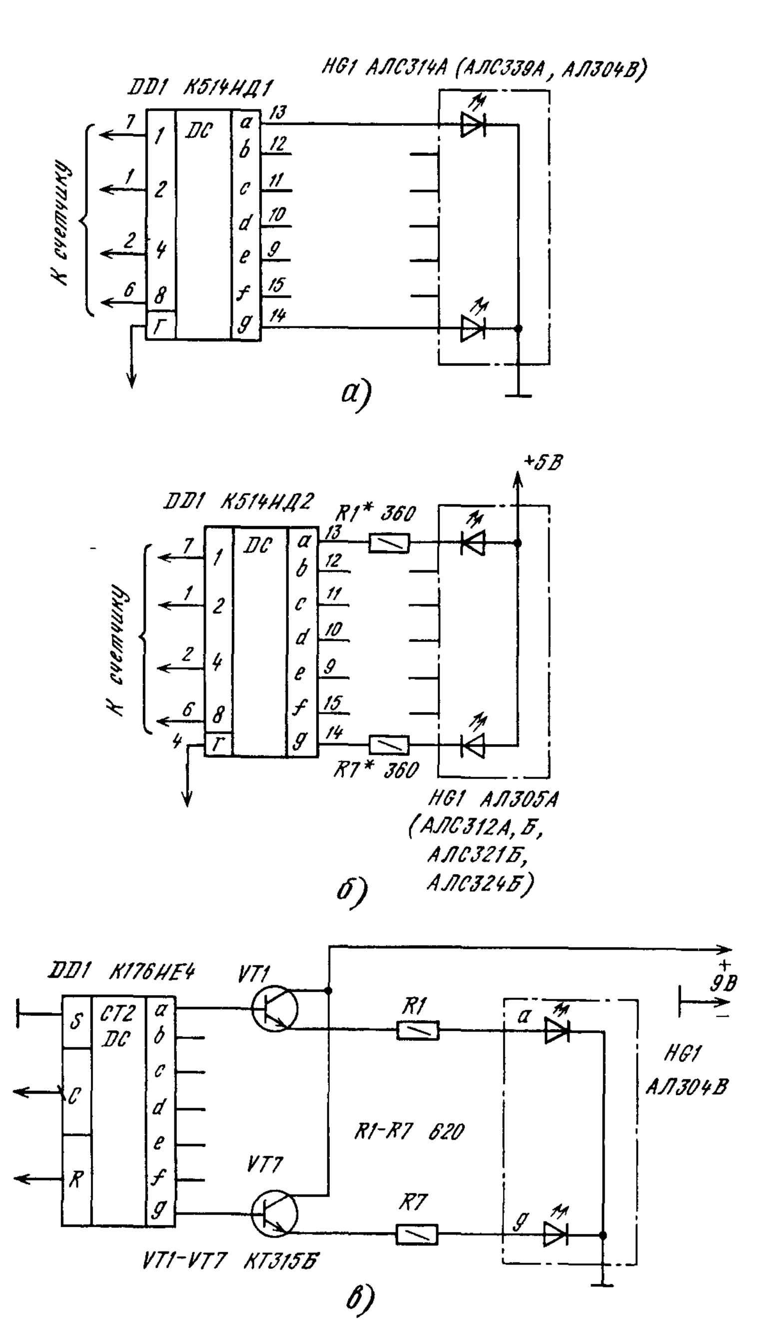


Рис. 128. Схемы счетных декад, работающих на люминесцентные индикаторы:
а – с дешифратором на микросхеме и диодах, *б–г* – с использованием микросхем К176ИЕ4, *д,е* – с использованием микросхемм К514ИД1 и К514ИД2



DD1 К514ИД1
HG1 АЛС314А (АЛС339А, АЛ304В)
DC
К счетчику
Г
а)
DD1 К514ИД2
R1* 360
R7* 360
+5В
DC
К счетчику
Г
HG1 АЛ305А
(АЛС312А, Б,
АЛС321Б,
АЛС324Б)
б)
DD1 К176ИЕ4
CT2
DC
VT1
VT7
R1
R7
R1–R7 620
9В
HG1
АЛ304В
VT1–VT7 КТ315Б
в)

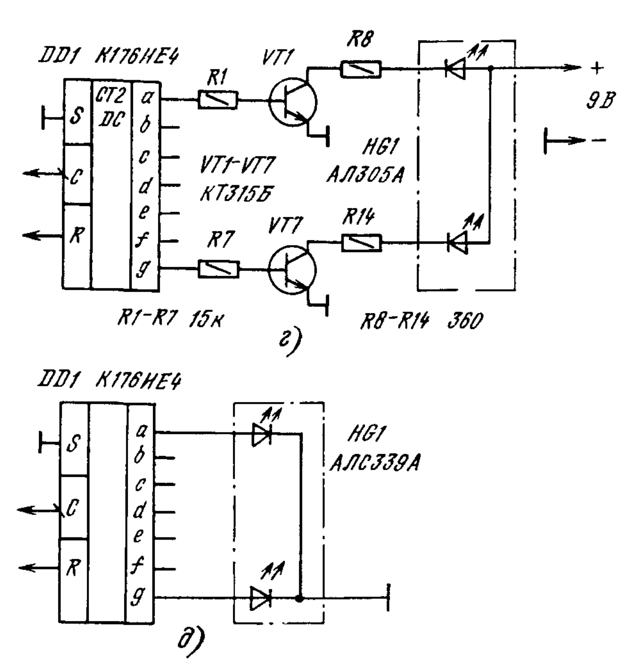
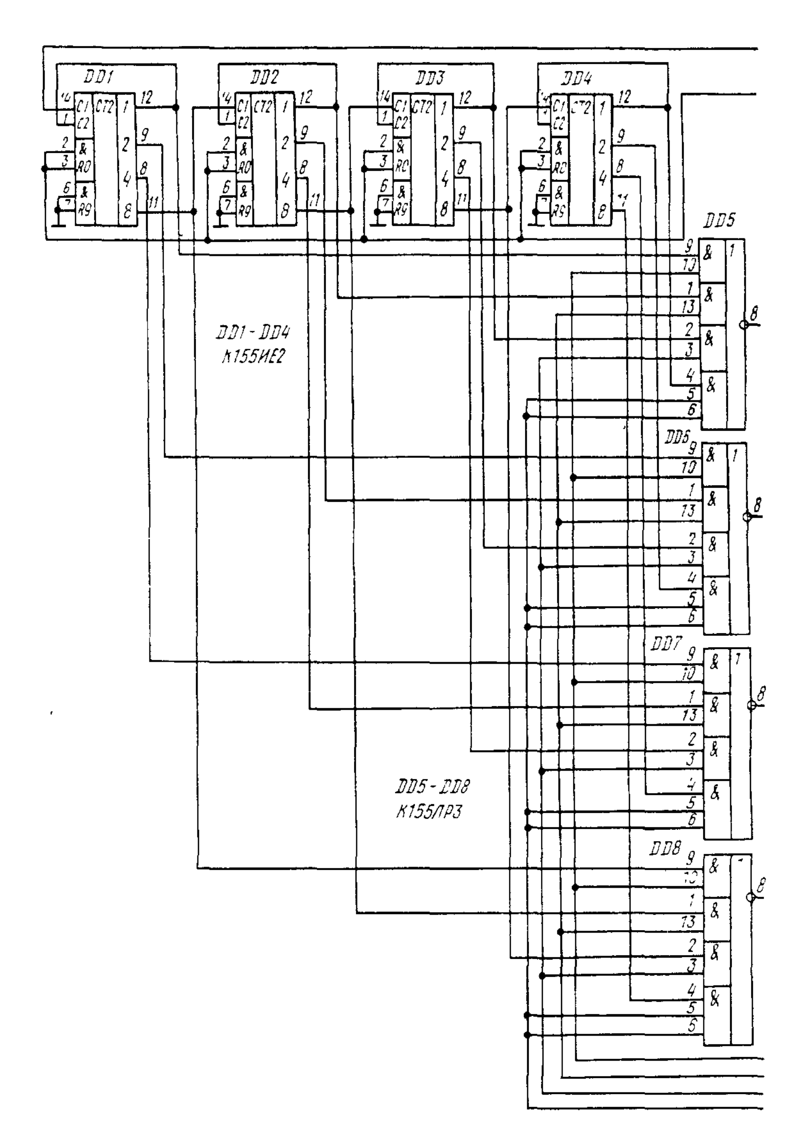


Рис. 129. Схемы счетных декад, работающих на светодиодные индикаторы:
а - с микросхемой К514ИД1, *б* - с микросхемой К514ИД2, *в-д* - с микросхемой К176ИЕ4

уровня на входы &R0. Полярность входных счетных импульсов, подаваемых на входы C1 и C2, положительная. Триггеры переключаются спадом входных импульсов. Максимальная частота импульсов, подаваемых на вход счетчика, составляет 10 МГц. Выходное сопротивление устройства, к которому может быть подключен вход 4-разрядного счетчика, должно быть не более 2 кОм. Напряжение высокого уровня в импульсе должно быть не менее 2,4 В, логического 0 - не более 0,4 В. Импульсы должны иметь крутые фронты.

На микросхеме DD10 собран генератор тактовых импульсов, частота следования которых составляет 2...3 кГц. Эти импульсы поступают на счетчик с коэффициентом пересчета 4, собранный на двух D-триггерах микросхемы DD1.1. D-триггер работает следующим образом: после прихода синхронизирующего импульса на вход C на выходе триггера устанавливается такой логический уровень, который был на входе D до прихода импульса. Если вход D соединить с инверсным выходом этого же триггера, то состояние триггера будет изменяться на противоположное после прихода каждого очередного импульса на вход C, т. е. триггер будет работать в счетном режиме. Соединив два таких счетных триггера



последовательно, получим счетчик с коэффициентом пересчета 4. Дешифратор состояний этого счетчика выполнен на микросхемах DD12, DD13. Во время работы генератора тактовых импульсов на выходах логических элементов DD12.2, DD12.4, DD13.2, DD13.4 появляется последовательно напряжение высокого уровня. Работа генератора на микросхеме DD10, счетчика на микросхеме DD11 и дешифратора на микросхемах DD12, DD13 поясняется рис. 133.

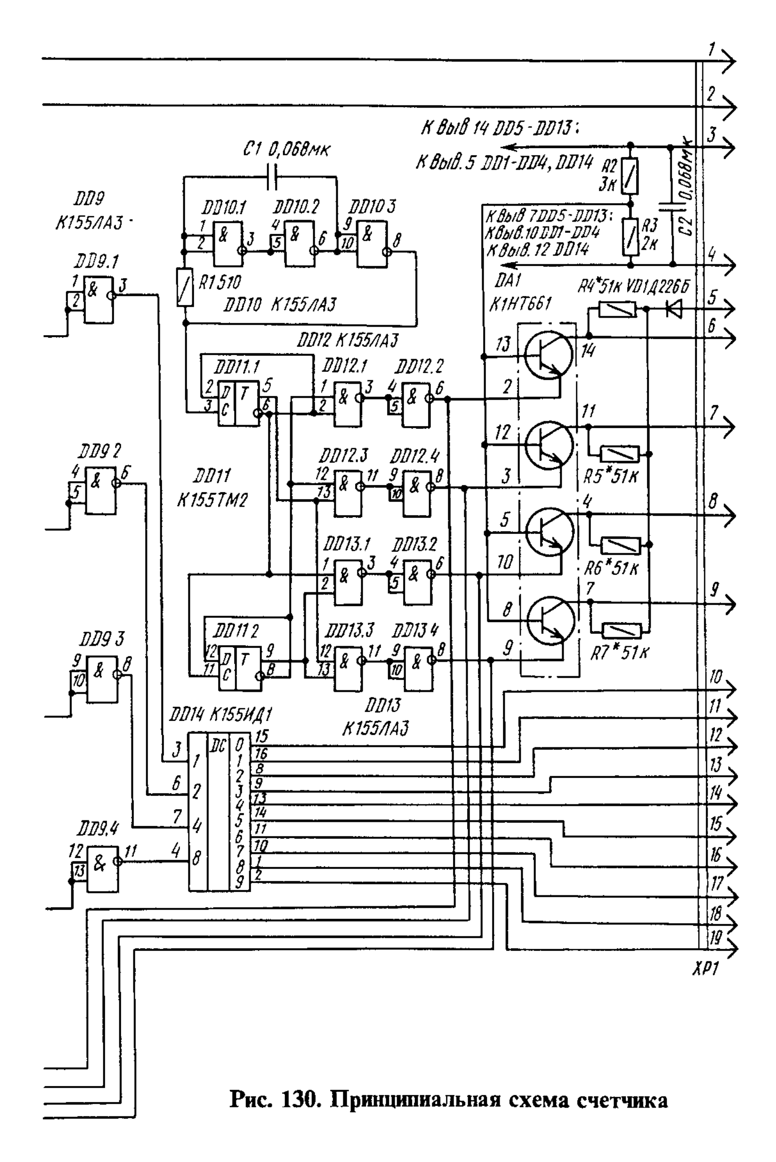


Рис. 130. Принципиальная схема счетчика

Микросхемы DD5-DD8 представляют собой логические элементы 2-2-2-3И-4ИЛИ-НЕ. Это означает, что если напряжение высокого уровня имеется на всех входах хотя бы одного из элементов И (например, на выводах 9, 10), то на выходе микросхемы будет напряжение низкого уровня. Подключением к выходам микросхем инверторов DD9.1-DD9.4 и объединением выводов 5, 6 в каждой из микросхем DD5-DD8 логическая операция 2-2-2-2И-4ИЛИ-НЕ

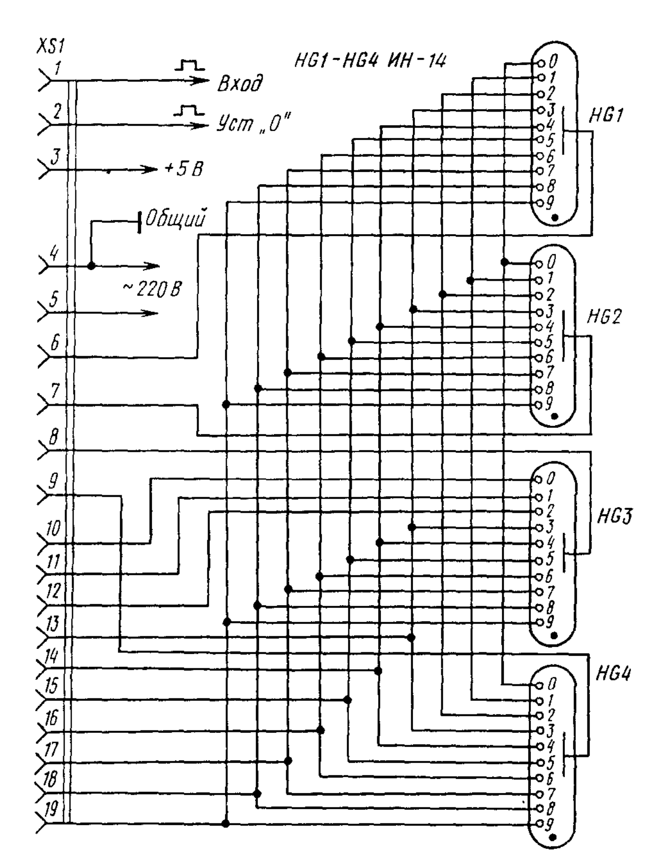
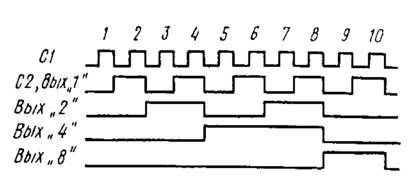


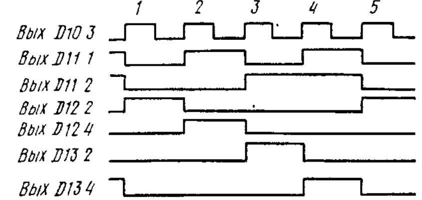
Рис. 131. Схема включения индикаторов, входных цепей и цепей питания

сведена к операции 2-2-2-2И-4ИЛИ, т. е. если хотя бы на одной паре входов одного из четырех элементов И есть напряжение высокого уровня, то на выходах микросхемы DD9 также будет напряжение высокого уровня.

Выходы инверторов DD9.1-DD9.4 подключены ко входам микросхемы DD14. Она представляет собой дешифратор, преобразующий двоичный код в десятичный, и высоковольтные транзисторные ключи, управляющие зажиганием цифр газоразрядных индикаторов HG1-HG4.

Выход логического элемента DD12.2 соединен со входами логических элементов И (выводы 10) каждой из микросхем DD5-DD8. Ко вторым входам этих логических элементов (выводы 9) подключены выходы микросхемы DD1. Когда на выходе DD12.2 имеется напряжение высокого уровня, уровни напряжения на





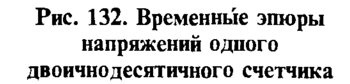


Рис. 132. Временные эпюры напряжений одного двоичнодесятичного счетчика

Рис. 133. Эпюры напряжений устройства

выходах элементов DD9.1, DD9.2, DD9.3, DD9.4 повторяют соответственно уровни на выходах 1, 2, 4, 8 микросхемы DD1, т. е. происходит считывание информации, записанной в счетчике DD1. Когда напряжение высокого уровня имеется на выходе элемента DD12.4, информация считывается из счетчика DD2 и т. д. Таким образом, за время выработки генератором четырех тактовых импульсов на входы дешифратора DD14 поочередно поступает информация о состоянии счетчиков DD1, DD2, DD3, DD4.

Когда напряжение высокого уровня имеется на выходе логического элемента DD12.2, то транзистор, подключенный к выводам 2, 13, 14 микросхемы DA1, закрыт, а остальные транзисторы открыты, на анодах ламп HG2-HG4 напряжение низкого уровня и они не светятся; светится только одна из цифр лампы HG1. При поступлении следующего импульса с генератора тактовых импульсов оказывается закрытым следующий транзистор микросхемы DA1, поэтому под напряжением находится только лампа HG2, и так далее при поступлении следующих импульсов. Таким образом, лампа HG1 индицирует состояние счетчика DD1, HG2 - DD2, HG3 - DD3 и HG4 - DD4. Так как частота тактовых импульсов достаточно велика, создается впечатление непрерывной работы каждой газоразрядной лампы.

Устройство собрано на плате из гетинакса размерами 112 × 95 мм. Здесь расположены только те элементы, которые обозначены на рис. 130. Все соединения выполнены проводами. Конденсаторы C1, C2 - типов КМ-6, КЛС, МБМ и др. В счетчике могут быть использованы аналогичные микросхемы серии К133, имеющие такую же нумерацию всех выводов. Вместо микросхем DD5-DD10, DD12, DD13 могут быть использованы также аналоги из серий К131, К158, имеющие такую же нумерацию выводов. Вместо микросборки транзисторов DA1 можно применить транзисторы типа КТ605А или КТ940А. В качестве ламп HG1-HG4 можно использовать индикаторы ИН-1, ИН-8, ИН-12Б и ИН-18.

Если все детали исправны и монтаж выполнен без ошибок, устройство начинает работать сразу. В этом случае настройка его сводится к подбору резисторов R4-R7 таким образом, чтобы ток через анод каждой из ламп составлял 1...1,5 мА.

Для надежной работы необходимо, чтобы длина проводника, через который поступают импульсы на вход счетчика, не превышала 0,2...0,3 м.

Электронный пускатель

Как известно, электромеханические пускатели широко применяют в электроаппаратуре для исключения повторного включения устройства после пропадания напряжения в сети. В таких пускателях коммутация нагрузки производится контактами реле. Значительно уменьшить обгорание контактов реле можно использованием тринисторов или симисторов, в этом случае контакты реле используются для управления слаботочной цепью тринистора.

Схема электронного пускателя представлена на рис. 134. Первичная обмотка трансформатора питания T1 подключена к питаю-

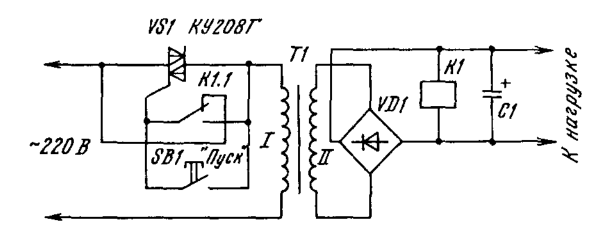


Рис. 134. Принципиальная схема электронного пускателя

щей сети через симистор VS1. Нормально замкнутые контакты реле K1 шунтируют катод и управляющий электрод симистора, что обеспечивает закрытое состояние последнего. При нажатии кнопки SB1 "Пуск" через ее замыкающие контакты напряжение поступает на обмотку I трансформатора. Срабатывает реле K1 и своими контактами соединяет управляющий электрод симистора с его анодом. При этом симистор открывается в начале каждого полупериода, подавая напряжение на трансформатор и в нагрузку и после отпускания кнопки.

Данные трансформатора T1, диодного моста VD1, реле K1 и конденсатора C1 определяются параметрами нагрузки. Такой электронный пускатель можно использовать, например, в зарядном устройстве (см. рис. 76).

Узел выключения прибора

Применение этого узла в различных электронных приборах с батарейным питанием позволяет избавиться от выключателя питания, заменив его пусковой кнопкой. Выключатель питания неудобен тем, что по окончании пользования прибором его необходимо выключать. Если же забыть это сделать, то батарея питания будет разряжаться. Особенно это относится к электронным играм, которыми пользуются дети. Данный узел позволяет включать прибор нажатием кнопки, выключение его осуществляется автоматически.

Схема узла выключения прибора представлена на рис. 135.

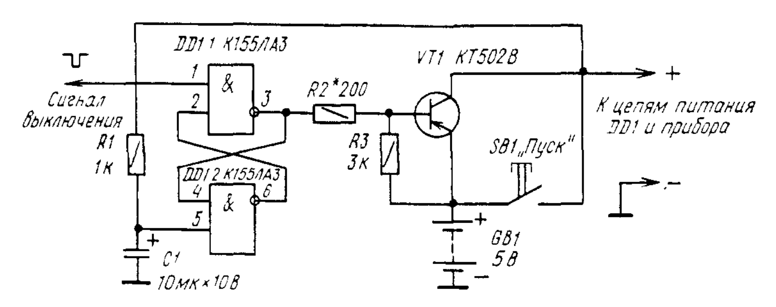


Рис. 135. Схема узла выключения прибора

При замыкании контактов кнопки SB1 "Пуск" питание от батареи GB1 поступает к цепям питания прибора и микросхемы DD1, на двух логических элементах которой выполнен RS-триггер. Поскольку конденсатор C1 в первый момент разряжен, на выводе 5 микросхемы DD1 действует напряжение низкого уровня, и триггер устанавливается в состояние, соответствующее напряжению низкого уровня на выходе логического элемента DD1.1. Открывается транзистор VT1 и в этом состоянии остается и после отпускания кнопки SB1.

Выключение прибора осуществляется подачей напряжения низкого уровня на вывод 1 микросхемы DD1. Это может быть сигнал реле времени или сигнал с какого-либо счетчика, используемого в приборе.

Если питание прибора осуществляется от батареи напряжением 9 В, то в качестве микросхемы DD1 целесообразно использовать мик5осхемы серий K176, K561 (например, K176ЛА7).

НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

Цифровой измеритель заряда

Одним из наиболее распространенных способов определения момента окончания зарядки аккумулятора является истечение заранее известного времени зарядки неизменным током (так называемая зарядка по времени). При зарядке по времени предполагается, что ток в процессе зарядки не изменяется. Однако в действительности в процессе зарядки ток изменяется из-за влияния различных дестабилизирующих воздействий: нестабильности питающего напряжения, увеличения напряжения на зажимах батареи и других внешних факторов. Поскольку внутреннее сопротивление аккумуляторов весьма невелико, даже небольшое изменение напряжения питающей сети может вызвать значительное изменение зарядного тока. Для поддержания зарядного тока на неизменном уровне можно использовать стабилизатор тока, однако это значительно усложняет конструкцию зарядного устройства и снижает его коэффициент полезного действия. Зарядные устройства промышленного изготовления для автомобильных аккумуляторов не обеспечивают стабилизацию величины зарядного тока.

Известно, что для полной зарядки аккумулятора ему необходимо сообщить определенный электрический заряд (количество электричества), равный произведению времени зарядки на средний за все время зарядки ток. В таком случае момент окончания зарядки можно определять не истечением определенного времени, а величиной сообщенного аккумулятору заряда. При этом изменения тока в процессе зарядки не повлияют на величину сообщенного заряда, а лишь приведут к увеличению или уменьшению времени зарядки.

Необходимость измерения заряда возникает и в других случаях. Так, проводя тренировочную разрядку аккумуляторов, полезно знать емкость, которая будет ими отдана при разрядке до минимально допустимого напряжения. При проведении различных эле-

ктрохимических процессов (например, гальванопластики) также возникает необходимость измерения заряда, прошедшего через раствор.

Для реализации указанных целей (т.е. для измерения заряда, прошедшего через измерительную цепь в условиях нестабильного тока) и было создано описываемое ниже устройство.

Принципиальная схема устройства приведена на рис. 136. Основой устройства является преобразователь напряжения в частоту (ПНЧ), выполненный на микросхеме DA1. Напряжение на вход ПНЧ поступает с токоизмерительных резисторов R1, R2 (в зависимости от выбранного тумблером SA1 предела измерения), поэтому напряжение на входе ПНЧ пропорционально току зарядки. Поскольку функция преобразования ПНЧ линейная, частота на выходе ПНЧ прямо пропорциональна току зарядки.

На работе интегрального преобразователя КР1108ПП1 остановимся подробнее. Эта микросхема представляет собой преобразователь напряжения в частоту интегрирующего типа. Он может преобразовывать положительные и отрицательные уровни напряжения величиною до 10 В в импульсы прямоугольной формы, частота следования которых прямо пропорциональна входному напряжению и определяется номиналами конденсаторов C1, C3 и резисторов R4, R5. Расчет требуемого коэффициента преобразования будет приведен ниже.

Импульсы напряжения с выхода ПНЧ поступают на вход Z микросхемы DD1. Как известно, микросхема К176ИЕ12 представляет собой генератор частотой 32768 Гц (при подключении внешних времязадающих цепей), а также счетчики с коэффициентом деления 2^{15}=32768 (выходные импульсы снимаются с вывода 4) и с коэффициентом деления 60 (выходные импульсы снимаются с вывода 10). В примененном здесь схемном включении генератор не используется, а импульсы с выхода ПНЧ, поданные на вход Z (вывод 12 микросхемы DD1), поступают на первый триггер делителя. Частота импульсов, снимаемых с выхода последнего триггера делителя (вывод 10 микросхемы DD1), меньше частоты входных импульсов в 32768x60=1966080 раз. Коэффициент преобразования ПНЧ выбран таким, что при напряжении на входе ПНЧ 1 В импульсы на выходе счетчика М следуют с интервалом 0,1 часа, или 360 с. В зависимости от того, включены в измери-

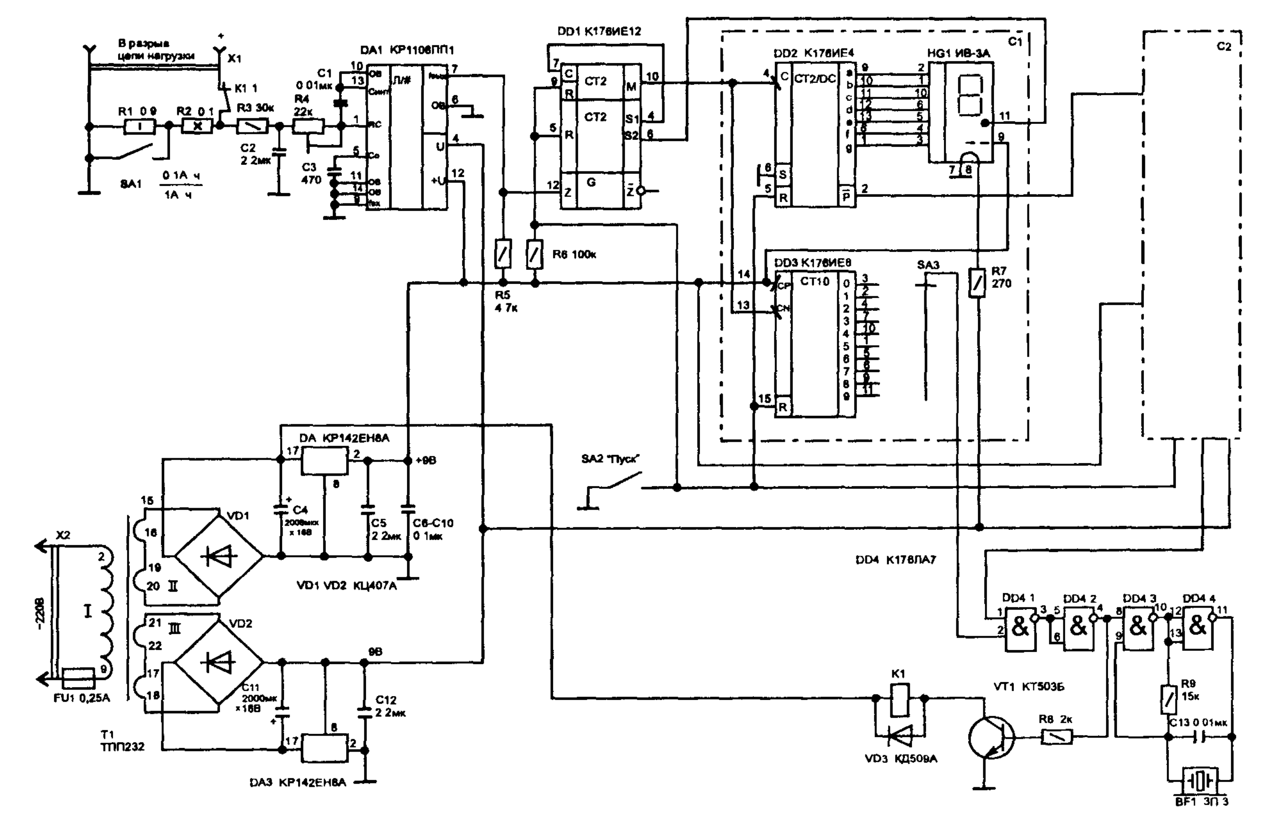


Рис. 136. Принципиальная схема измерителя заряда

тельную цепь оба резистора R1, R2 или только резистор R2, один импульс на выходе счетчика соответствует прошедшему через измерительную цепь электрическому заряду соответственно 0,1 А-час или 1 А-час. Несложный расчет позволяет определить требуемый коэффициент преобразования ПНЧ 1966080/360=5461 (Гц). Поскольку эта частота значительно, а именно в 50 раз, превышает частоту двухполупериодного выпрямителя сетевого напряжения, погрешность преобразования ПНЧ при измерении заряда, переносимого пульсирующим током, будет незначительной (что, кстати, было подтверждено экспериментально).

Для подсчета числа ампер-часов или десятых долей ампер-часов использован двухразрядный двоично-десятичный счетчик, выполненный на микросхемах DD2 и цифровых семисегментных люминесцентных индикаторах HG1. Счетчик первого разряда условно на схеме обозначен C1, а счетчик второго разряда — C2. Микросхема К176ИЕ4 представляет собой двоично-десятичный счетчик, совмещенный с дешифратором для преобразования кода счетчика в код семисегментного индикатора. Изменение состояния счетчика происходит по спадам входных импульсов, а установка в исходное состояние производится подачей напряжения высокого уровня на вход R. Сигнал переноса снимается с выхода $\overline{P}$.

Для задания момента отключения источника зарядного тока после протекания требуемого заряда использованы микросхемы DD3 и галетные переключатели SA3, имеющиеся в обоих счетчиках C1 и C2. Микросхема К176ИЕ8 представляет собой преобразователь числа импульсов в позиционный десятичный код (т.е. счетчик-дешифратор). Ее первый счетный вход CN соединен с входом микросхемы DD2, изменение состояния триггеров происходит по спаду входных импульсов. На второй счетный вход CP для обеспечения требуемого режима работы подано напряжение высокого уровня. Установка в исходное состояние производится подачей напряжения высокого уровня на вход R. К выходам счетчика-дешифратора DD3 подключены контакты галетного переключателя SA3, а подвижный контакт этого переключателя соединен с одним из входов логического элемента 2И-НЕ DD4.1; на второй вход этого элемента поступает сигнал с подвижного контакта галетного переключателя, работающего во втором разряде счетчика C2

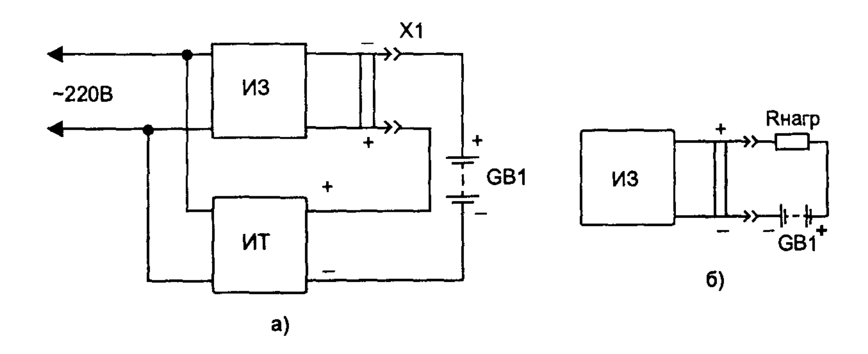


Рис. 137. Схема включения устройства для измерения заряда:
а — в режиме зарядки аккумулятора; б — в режиме разрядки аккумулятора

Для обеспечения режима измерения заряда необходимо с помощью галетных переключателей SA3 установить требуемое значение величины заряда, тумблером SA1 выбрать цену младшего разряда счетчика, контакты разъема X1 включить в разрыв цепи нагрузки в соответствии со схемами, представленными на рис. 137, подать напряжение сети на контакты разъема X2 и замкнуть контакты тумблера SA2 "Пуск". (На рис. 137 ИЗ — измеритель заряда, ИТ — источник тока или зарядное устройство). На схеме рис. 137,а показано включение устройства для измерения количества электричества в режиме зарядки аккумулятора или в режиме осуществления электрохимического процесса, а на рис. 137,б — включение устройства для измерения количества электричества в режиме разрядки аккумулятора. При этом, если через контакты разъема X1 потечет ток, на входе ПНЧ появится напряжение в диапазоне от 0 до 1 В, а на выходе ПНЧ — прямоугольные импульсы, частота следования которых прямо пропорциональна току через нагрузку.

Через некоторое время на выходах счетчиков DD3, соответствующих числу, заданному положением подвижных контактов галетных переключателей SA3, появится напряжение высокого уровня, на выходе логического элемента DD4.2 — также напряжение высокого уровня. Начнет работать генератор, выполненный на логических элементах DD4.3, DD4.4 (генерируемая им частота составляет около 2 кГц); звуковой излучатель BF1 подаст сигнал, указывающий на окончание протекания в цепи нагрузки требуе-

мого количества электричества. Одновременно откроется транзистор VT1 и сработает электромагнитное реле K1. контакты K1.1 которого разомкнутся и обесточат цепь нагрузки. В таком состоянии устройство будет находиться до тех пор, пока его не отключат от сети.

Измеритель заряда питается от двуполярного стабилизатора напряжения, выполненного на микросхемах DA2, DA3. Выходное стабилизированное напряжение каждой из этих микросхем составляет 9 В. Для понижения сетевого напряжения использован унифицированный трансформатор (серии ТПП), разработанный специально для питания аппаратуры на полупроводниках. Конденсаторы C6 — C10 защищают микросхемы устройства от помех и устанавливаются по одному около каждой из микросхем DD1 — DD3.

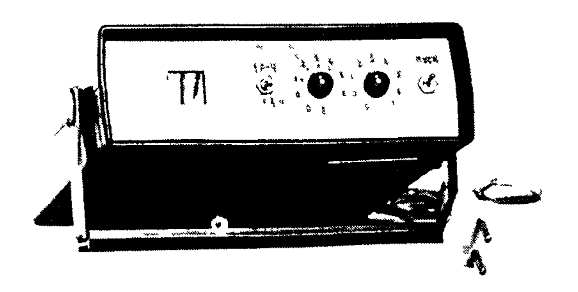
Электрод, символизирующий точку индикатора HG1 счетчика C1, соединен с выходом S2 микросхемы DD1. Частота импульсов на этом выходе в 120 раз больше частоты импульсов на выходе M этой микросхемы; при напряжении на входе ПНЧ 1 В точка индикатора зажигается с периодом примерно 3 с, индицируя протекание тока через цепь нагрузки. Чем больше ток, тем чаще зажигается индикаторная точка.

Нити накала люминесцентных индикаторов питаются от источника отрицательного напряжения -9 В (а не от источника +9 В). Это сделано для увеличения разности напряжений между анодами и катодом индикатора, что приводит к увеличению яркости индикатора. В данном устройстве люминесцентные индикаторы питаются пониженным напряжением (паспортное напряжение для них составляет 20...30 В), однако благодаря этому аноды индикаторов можно подключать непосредственно к выходам счетчиков К176ИЕ4 без дополнительных транзисторных ключей.

О деталях устройства. Используемые микросхемы аналогов в других сериях не имеют, за исключением К176ЛА7, которую можно заменить на К561ЛА7. Цифровые индикаторы ИВ-3А можно заменить на ИВ-6, однако последние имеют большие габаритные размеры и ток нити накала, поэтому придется подобрать резистор R7. Транзистор VT1 — любой кремниевый маломощный структуры n-p-n, например, серий КТ312, КТ315, КТ503, КТ3117. Диодные мосты VD1,VD2 могут быть из серий КЦ402 — КЦ405 с любыми буквенными индексами. Диод VD3 — любой с током не

менее 30 мА и любым обратным напряжением (например, КД503, КД509, КД510, КД513, КД521, КД522 с любыми буквенными индексами). Конденсаторы С4, С11 — оксидные типа К50-16 или К50-35; С3 — К73-17, К73-24 (этот конденсатор должен иметь небольшой температурный коэффициент емкости, поскольку от него зависит стабильность коэффициента преобразования ПНЧ); остальные конденсаторы — любых типов (КМ-5, КМ-6, К10-17, К10-23 и др.). Резистор R2 — С5-16В мощностью 10 Вт (его можно также изготовить самостоятельно, намотав провод высокого сопротивления на корпусе резистора типа ПЭВ, С5-16В любого номинала; подстроечный резистор R4 — многооборотный типа СП5-2; остальные резисторы — МЛТ, С2-23, С2-33, причем резистор R1 составлен из двух резисторов, соединенных параллельно (например, номиналами 1 Ом и 10 Ом). Реле К1 — импортное, типа Bestar BS902CS (его обмотка имеет сопротивление 500 Ом, контакты могут коммутировать постоянный и переменный токи до 10 А при напряжении 220 В. Отечественные реле, обладающие при малых (15 х 15 х 20 мм) габаритах такими же параметрами, автору неизвестны. Трансформатор ТПП232 может быть заменен на любой из ряда ТПП231 — ТПП235, при этом следует соединить вторичные обмотки таким образом, чтобы на диодные мосты VD1 и VD2 подавалось напряжение 12...15 В. Самодельный трансформатор выполняют на ленточном магнитопроводе ШЛ16х20. Обмотка I содержит 2400 витков провода ПЭВ-1 0,08, обмотки II и III — по 140 витков провода ПЭВ-1 0,25. Звуковой излучатель BF1 — пьезоэлектрический типа ЗП с любыми буквенными индексами. Тумблеры SA1 и SA2 — типов П1Т, МТ1 или любые другие, рассчитанные на ток не менее 5 А, галетные переключатели SA3 — типа МПН-1. Гнездо разъема Х1 — типа РД-1.

Измеритель заряда собран в пластмассовом корпусе (рис. 138) размером 200х65х180 мм, известном под названием “Конструкция радиолюбителя” (когда-то он был описан в журнале “Радио”). На передней панели корпуса, изготовленной из дюралюминия, установлены цифровые индикаторы, тумблеры и галетные переключатели; на задней стенке корпуса — гнездо разъема Х1, держатель предохранителя FU1, а также вывод сетевого провода. Монтаж выполнен на двух платах из текстолита проводами. Размеры плат: первой — 165х45 мм, она крепится с помощью втулок и винтов к



Рнс. 138. Внешннй вид измернтеля заряда

передней панели; второй — 190x130 мм, она крепится к днищу корпуса. На второй плате установлены элементы, относящиеся к блоку питания (T1, VD1, VD2, DA2, DA3, C4, C5, C11, C12), а также элементы R1, R2, K1, BF1. Все остальные элементы (кроме X1, FU1), включая цифровые индикаторы, тумблеры и галетные переключатели, установлены на первой плате. Микросхемы стабилизаторов напряжения (DA1, DA2) установлены на радиаторах с охлаждающей поверхностью по 30...40 $см^2$ каждый.

Настраивают устройство следующим образом. Контакты разъема X1 включают в разрыв цепи нагрузки и устанавливают ток равным 1 А. Контакты тумблера SA1 при этом должны находиться в указанном на схеме положении, а контакты тумблера SA2 — замкнуты. Подстраивая переменный резистор R4, устанавливают период следования импульсов на выводе 10 микросхемы DD1 равным 360 с. На этом настройку можно считать законченной.

Максимальный постоянный ток, который может протекать через контакты разъема X1 (при замкнутых контактах тумблера SA1), не должен превышать 10 А. Если измеряемый ток имеет форму импульсов (например, при зарядке аккумулятора), то среднее значение тока не должно превышать 6...7 А — в противном случае резистор R2 может перегреться. Это объясняется тем, что отношение действующего значения тока (характеризующего тепловое действие тока) к среднему значению (характеризующему переносимый током заряд) для импульсных (прерывистых) токов больше, чем для постоянного тока или синусоидального. При разомкнутых контактах тумблера SA1 значение тока не должно превышать 1 А.

Если в источнике постоянного тока отсутствует амперметр, его можно ввести в измеритель заряда, подключив магнитоэлектрический прибор между общим проводом и правым по схеме контактом разъема X1 и подобрав к прибору последовательный шунт.

При необходимости измерять токи больше 10 А следует использовать стандартные шунты, выпускаемые промышленностью. В этом случае надобность в резисторах R1, R2 отпадает, контакты K1.1 также нельзя использовать при коммутации токов больше 10 А; клеммы выносного шунта следует соединить с левым по схеме выводом резистора R3 и общим проводом устройства. Освободившиеся контакты реле K1 можно использовать для управления мощным контактором, управляющим источником тока по цепи его сетевого питания либо по вторичной стороне.

Стабилизатор сетевого напряжения

Он предназначен для поддержания сетевого напряжения в заданных пределах и по своим функциям аналогичен устройству, схема которого была приведена на рис. 96. Данный стабилизатор, подобно вышеописанному и в отличие от феррорезонансных стабилизаторов, также не искажает форму напряжения и способен работать без нагрузки. Точность его несколько ниже, но зато он содержит силовой трансформатор меньших размеров, а подвижные элементы в конструкции отсутствуют. По сравнению с феррорезонансными стабилизаторами данное устройство имеет значительно меньшие массогабаритные показатели.

Схема стабилизатора представлена на рис. 139. Принцип действия устройства основан на включении последовательно с нагрузкой одной, двух или трех дополнительных обмоток трансформатора при отклонении сетевого напряжения от нормы. Если сетевое напряжение ниже необходимого, то дополнительные обмотки включаются синфазно с сетью, и напряжение на нагрузке становится больше сетевого; если же напряжение сети становится выше нормы, то обмотки включаются в противофазе с сетевым напряжением, приводя к уменьшению напряжения на нагрузке. Роль такого трансформатора выполняет T1, а дополнительных обмоток — обмотки IV, V, VI.

На интегральных микросхемах DA3 — DA8 выполнены компараторы напряжения, которые срабатывают при отклонении сете-

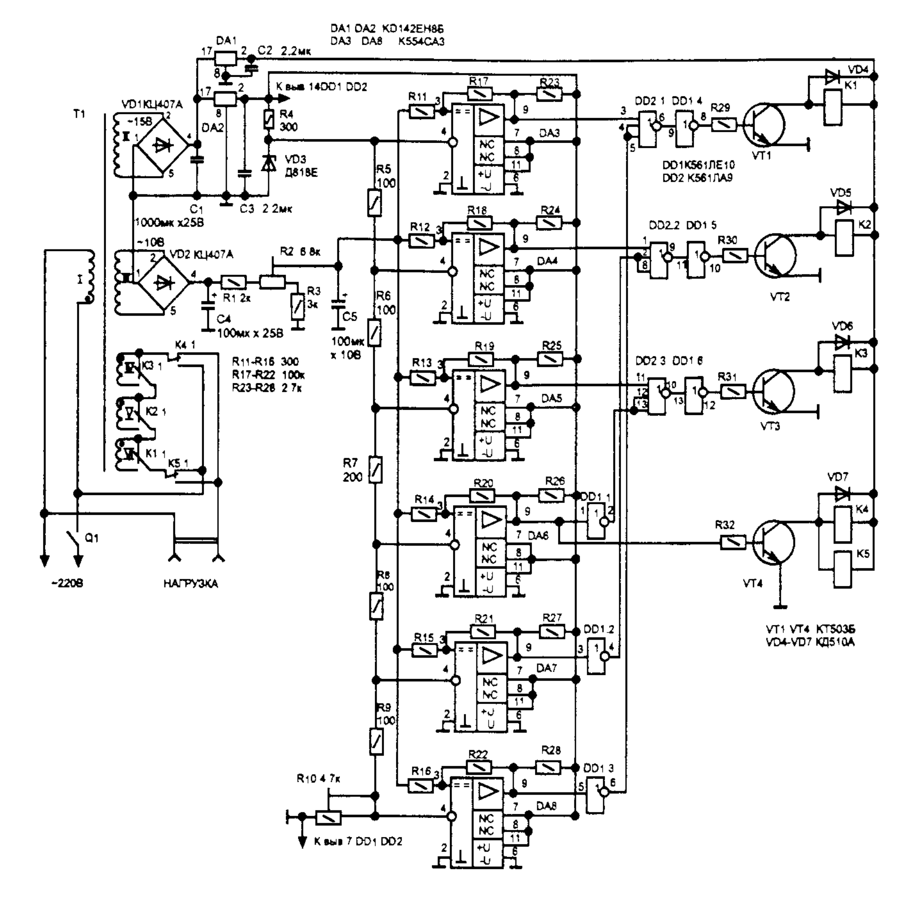


Рис. 139. Стабилизатор сетевого напряжения

вого напряжения от нормы. На инвертирующие входы компараторов поданы эталонные напряжения, снимаемые со стабилитрона VD3 и с резисторов R5 — R10 делителя напряжения На неинвертирующие входы компараторов через резисторы R11 — R16 поступает напряжение, по величине пропорциональное сетевому и снимаемое с движка подстроечного резистора R2. Датчиком напряжения сети является обмотка III трансформатора T1, напряжение на которой (примерно 10 В) изменяется пропорционально сетевому Оно выпрямляется диодным мостом VD2, пульсации сглаживаются П-образным RC-фильтром C4R1C5. Постоянная времени фильтра выбрана равной 1...2 с, что исключает срабаты-

вание компараторов от действия кратковременных всплесков напряжения.

Компараторы DA3 — DA8 настроены на срабатывание от уровней сетевого напряжения 250 В, 240 В, 230 В, 210 В, 200 В и 190 В соответственно. Если напряжение сети превышает указанные уровни, то на выходах (вывод 9) тех компараторов, для которых выполняется указанное условие, действует напряжение высокого логического уровня (уровня логической 1) — около 12 В. Таким образом, разница уровней срабатывания компараторов составляет 10 В, или примерно 5 % сетевого напряжения. Уровни срабатывания компараторов DA5 и DA6 отличаются на 20 В. Это соответствует зоне регулирования 220 В±5%. Следует заметить, что государственными стандартами установлено допустимое сетевое напряжение 220 В +10%-15% (от 187 В до 242 В). Данный же стабилизатор, как видно, обеспечивает более высокую точность поддержания величины сетевого напряжения.

Все компараторы охвачены положительной обратной связью через резисторы R17 — R22. Это сделано для обеспечения небольшого гистерезиса (разницы между напряжениями срабатывания каждого компаратора при увеличении и уменьшении сетевого напряжения). Величина гистерезиса определяется соотношением номиналов резисторов R17 и R11 для микросхемы DA3 и аналогичных пар резисторов для других компараторов. Эти резисторы подобраны таким образом, чтобы разница между напряжениями срабатывания и отпускания компараторов составляла 1,5...2 В. Если исключить положительную обратную связь, т.е. сделать нулевой гистерезис, то небольшие колебания сетевого напряжения (вызванные, например, включением и отключением бытовых приборов, а также иными помехами), будут приводить к частому срабатыванию компараторов и, соответственно, повышенному износу контактов электромагнитных реле, а также к дополнительным помехам в сети.

Таким образом, точность поддержания напряжения на нагрузке определяется разницей напряжения срабатывания разных компараторов и величиной гистерезиса и составляет около 12 В.

Работа компараторов и электромагнитных реле при различных значениях напряжения сети иллюстрируется таблицей 4.

Напряжение сети, В	Логические уровни на выходах компараторов						Состояния реле (1 — включено, 0 — выключено)				Напряже-ние на нагрузке, В
	DA3	DA4	DA5	DA6	DA7	DA8	K1	K2	K3	K4, K5	
170	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	200
180	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	210
189	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	219
191	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	211
201	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	211
211	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	211
221	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	221
231	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	221
241	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	221
251	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	221
260	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	230
270	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	240

Из таблицы видно, что при изменении сетевого напряжения от 170 В до 270 В, т.е. на 23%, напряжение на нагрузке изменяется от 200 В до 240 В, т.е. всего лишь на 9%.

Несколько слов о других схемных решениях стабилизатора. Эталонное напряжение на инвертирующие входы компараторов подается с параметрического стабилизатора R4VD3, который, в свою очередь, питается от интегрального стабилизатора напряжения, выполненного на микросхеме DA2 (выходное напряжение +12 В). Стабилитроны серии Д818 обладают весьма малым температурным коэффициентом напряжения, что обеспечивает высокую точность поддержания эталонного напряжения в широком диапазоне температур. Этому же способствует и питание параметрического стабилизатора от стабилизированного источника напряжения. Питание обмоток реле K1 — K5 осуществляется от интегрального стабилизатора +12 В (микросхема DA1). Необходимость в отдельном стабилизаторе для питания реле вызвана тем, что следует максимально исключить взаимное влияние цепей питания компараторов, источника эталонного напряжения и цепей питания реле; в противном случае срабатывание реле и вызванное

этим изменение тока может привести к ложным срабатываниям компараторов.

Напряжение, пропорциональное сетевому, снимается с отдельной обмотки трансформатора Т1 (обмотка III), хотя его можно было бы снимать с обмотки II трансформатора. Необходимость использования отдельной обмотки объясняется желанием исключить влияние изменений тока, вызванных срабатыванием реле, на величину напряжения, которое с обмотки трансформатора после выпрямления поступает на неинвертирующие входы компараторов.

Логика работы компараторов DA3 — DA8 и логических элементов микросхем DD1, DD2, а также работы электромагнитных реле К1 — К5 видна из таблицы 4 и потому в дополнительных разъяснениях не нуждается.

В устройстве можно в качестве компараторов использовать, помимо указанных на схеме, микросхемы К1401СА1 (каждая из них содержит четыре компаратора напряжения); интегральные стабилизаторы КР142ЕН8Б можно заменить 15-вольтовыми (с индексом "В"). В качестве диодных мостов VD1, VD2 можно также использовать приборы типов КЦ402 — КЦ405, КЦ409, КЦ410, КЦ412 с любыми буквенными индексами. Диоды VD4 — VD7, шунтирующие обмотки реле, могут быть любого типа с допустимым обратным напряжением более 15 В и прямым током более 100 мА. Оксидные конденсаторы — К50-16, К50-29 или К50-35; остальные — КМ-6, К10-17, К73-17. Все постоянные резисторы МЛТ, С2-23, С1-12; подстроечные R2 и R10 — многооборотные СП5-2 или СП5-14. Резисторы R5 — R9 должны иметь допустимое отклонение сопротивлений от номинальных не хуже 1%; если же нет возможности найти резисторы с таким классом точности, их следует подобрать из группы резисторов указанного номинала, используя цифровой омметр. Реле К1 — К5 — зарубежного производства Bestar BS-902CS. Реле этого типономинала имеют обмотку сопротивлением 150 Ом, рассчитанную на рабочее напряжение 12 В, и контактную группу переключающего типа, рассчитанную на коммутацию напряжения 240 В при токе 15 А. Выключатель Q1 — тумблер типа ТВ1-4, у которого все четыре пары контактов соединены параллельно. Трансформатор Т1 выполнен на магнитопроводе ШЛ50х40. Обмотка I намотана проводом ПЭВ-2 0,9 и содержит 300 витков; обмотка II — 21 виток провода ПЭВ-2 0,45;

обмотка III — 14 витков провода ПЭВ-2 0,45: обмотки IV, V, VI содержат по 14 витков провода ПБД 2,64. Удобно использовать стандартный трансформатор типа ОСМ1-0,63, у которого все обмотки, кроме первичной (она содержит 300 витков), удалены, а вторичные обмотки намотаны в соответствии с приведенными выше данными. При изготовлении трансформатора одноименные выводы обмоток I, IV, V, VI следует пометить (на схеме обозначены точками). Номинальная мощность такого трансформатора составляет 630 Вт.

Все элементы стабилизатора напряжения, кроме трансформатора T1 и тумблера Q1, смонтированы на плате из стеклотекстолита. В авторском экземпляре монтаж выполнен проводами, хотя можно разработать и печатную плату. Микросхемы DA1 и DA2 установлены на радиаторах площадью соответственно около 100 см^2 и 30 см^2.

Настройка стабилизатора состоит в установлении величины номинального напряжения на нагрузке, равного 220 В, и в подборке порогов срабатывания компараторов DA3 — DA8 равными 250 В, 240 В, 230 В, 210 В, 200 В и 190 В соответственно. Для настройки понадобятся два вольтметра, измеряющих переменное напряжение в диапазоне 300 В, и лабораторный автотрансформатор, напряжение на выходе которого можно изменять от 170 В до 270 В. Для индикации состояний компараторов желательно к каждому из них подключить последовательно соединенные резистор сопротивлением 10...15 кОм и светодиод серии АЛ307 так, чтобы аноды диодов были соединены с выводами 9 микросхем компараторов, а свободные выводы резисторов — с общим проводом (т.е. так, как это сделано в простейшем логическом пробнике на рис. 8 этой книги). Разумеется, можно обойтись и вольтметром постоянного тока, с помощью которого измерять напряжения на выходах компараторов, но это менее удобно. К выходу лабораторного автотрансформатора подключают стабилизатор напряжения и первый вольтметр; к гнездам “Нагрузка” стабилизатора подключают второй вольтметр. Движки подстроечных резистора R2 и R10 устанавливают в крайнее правое по схеме положение, а на выходе автотрансформатора устанавливают напряжение 190 В. При этом на выходах всех компараторов должен быть низкий логический уровень (светодиоды не светятся, а при определении уровня напряжения вольтметром постоянного тока он должен показывать не

более 1 В. Перемещая движок подстроечного резистора R2, добиваются срабатывания компаратора DA8, на выходе которого устанавливается напряжение высокого логического уровня (около 10...12 В). Затем, плавно увеличивая напряжение автотрансформатором до 250 В, добиваются срабатывания компаратора DA3, при этом наблюдают по загоранию светодиодов последовательное срабатывание компараторов DA7, DA6, DA5, DA4. В случае необходимости порог срабатывания этого компаратора подбирают регулировкой подстроечного резистора R10. После установки пределов срабатывания компараторов DA8 и DA3 проверяют пороги срабатывания остальных компараторов, которые должны быть равны указанным выше значениям. При необходимости всю настройку можно повторить.

К стабилизатору напряжения может быть подключена нагрузка мощностью до 3 кВт. Если точность поддержания выходного напряжения может быть ниже указанной, число вторичных обмоток трансформатора Т2 можно снизить до двух, а их напряжения увеличить с 10 В до 15 В. При этом, соответственно, число компараторов также уменьшится, а пороги их срабатывания следует установить соответственно напряжениям вторичных обмоток Т2.

Нельзя не сказать о возможности применения полупроводниковых ключей для коммутации вторичных обмоток трансформатора Т1 взамен контактов электромагнитных реле К1 — К5. Действительно, контакты электромагнитных реле имеют ограниченный срок службы, вызванный их износом, который тем больше, чем больше число срабатываний и чем больше коммутируемые токи. В этом смысле применение полупроводниковых элементов предпочтительнее. В данном случае можно применить симисторы. Однако следует заметить, что одна группа переключающих контактов реле может быть заменена двумя симисторами, т.е. в данном устройстве потребуется применить 10 симисторов. Кроме того, необходимо будет принять специальные меры, чтобы симисторы одной группы контактов не оказались одновременно в открытом состоянии — при этом будет замыкание вторичной обмотки трансформатора Т2 и выход из строя симисторов. Такая ситуация объясняется тем, что симистор после снятия напряжения с управляющего электрода не может закрыться раньше окончания полупериода сетевого напряжения, который составляет 10 мс. В

то же время другой симистор из этой пары откроется практически сразу после подачи на управляющий электрод управляющего напряжения, что может произойти в любой момент полупериода. Чтобы исключить одновременное открытое состояние двух симисторов, следует принять специальные меры — например, производить подачу и снятие напряжений с управляющих электродов симисторов только в начале полупериода. Это существенно усложнит схему управления. Кроме того, такой алгоритм коммутации не устранит полностью сквозные токи, поскольку симисторы коммутируют индуктивную нагрузку (трансформатор), способную накапливать электромагнитную энергию. Следовательно, для полного устранения сквозных токов алгоритм управления симисторами должен быть еще более сложным. Скорее всего, форма сетевого напряжения при этом будет значительно искажаться в моменты переключения ключей.

С учетом вышесказанного конструктору следует принять решение о предпочтительности использования электромагнитных реле или симисторов. Авторский экземпляр стабилизатора, выполненный по приведенной выше схеме, надежно работает уже более 1 года и питает нагрузку мощностью до 3 кВт.

Охранное устройство на базе имитатора

В последние годы значительно увеличилось число наших сограждан, желающих поживиться чужим имуществом. Особенно широко воровство распространилось в дачных кооперативах, где относительная простота попасть в чужой домик и непостоянное проживание в нем хозяев создают благоприятную почву для осуществления замыслов воришек. В литературе весьма широко представлены описания охранных устройств, рассказано о них и в данной книге. Все эти устройства объединяет то, что они срабатывают при проникновении или попытке проникновения злоумышленников на охраняемый объект. В то же время можно попытаться сделать дачный домик обитаемым в отсутствие хозяев и тем самым отбить охоту у похитителей и хулиганов позариться на чужую собственность. Автор в своем дачном домике проблему имитации присутствия решил путем периодического включения освещения и радиоприемника (магнитофона, телевизора). Вряд ли кто-то попытается проникнуть в чужое помещение, не убедив-

шись в отсутствии хозяев. А если в доме горит свет, слышны голоса, звучит музыка, вряд ли стоит испытывать судьбу и нарываться на неприятности. Данный имитатор жизнедеятельности целесообразно применять совместно с другим охранным устройством, реагирующим на проникновение на охраняемый объект.

Схема охранного устройства показана на рис. 140. Поскольку большинство несанкционированных проникновений в дачных кооперативах совершаются в темное время суток, устройство управляет включением нагрузок именно в это время. На микросхеме DD1 выполнен генератор импульсов с частотой следования 30 мин. Для этого использованы элементы собственно генератора микросхемы (выводы 12 -14) и счетчики-делители (выводы 5, 6, 7, 9, 10). На микросхемах DD2, DD3 выполнены два декадных счетчика. На микросхеме DD4 и фоторезисторе R3 собрано фотореле. Диоды VD3 — VD10 совместно с логическими элементами DD5.3, DD5.4 позволяют программировать время включения и выключения нагрузок, подключаемых к гнездам XS1, XS2. Нагрузки подключаются к сети с помощью симисторов VS1 и VS2, управляемых контактами электромагнитных реле К1 и К2. Источник питания микросхем и реле собран по традиционной схеме с гашением излишнего напряжения конденсатором, в нем задействованы элементы С4, R11, VD1, VD2, С5.

Допустим, что устройство подключено к сети и фоторезистор R3 освещен. При этом его сопротивление относительно невелико, и в точке соединения резисторов R3 и R6 действует напряжение, большее порога переключения триггера Шмитта (логические элементы DD4.1, DD4.2). На выходе элемента DD4.2 — напряжение логической 1, и счетчики-делители микросхемы DD1, а также микросхем DD2, DD3 заторможены подачей этого уровня на входы R. На выходах 0 (выводы 3) микросхем DD2, DD3 — напряжение логической 1, а на всех контактах разъема XS3 — напряжение логического 0.

При наступлении темного времени суток на выходе триггера Шмитта появляется напряжение логического 0, начинают работать генератор и счетчики-делители микросхемы DD1, а также микросхемы DD2, DD3. Через каждые 30 минут напряжение логической 1 появляется на очередном контакте разъема XS3. Через диоды VD3 — VD10, которые с помощью гибких проводников и

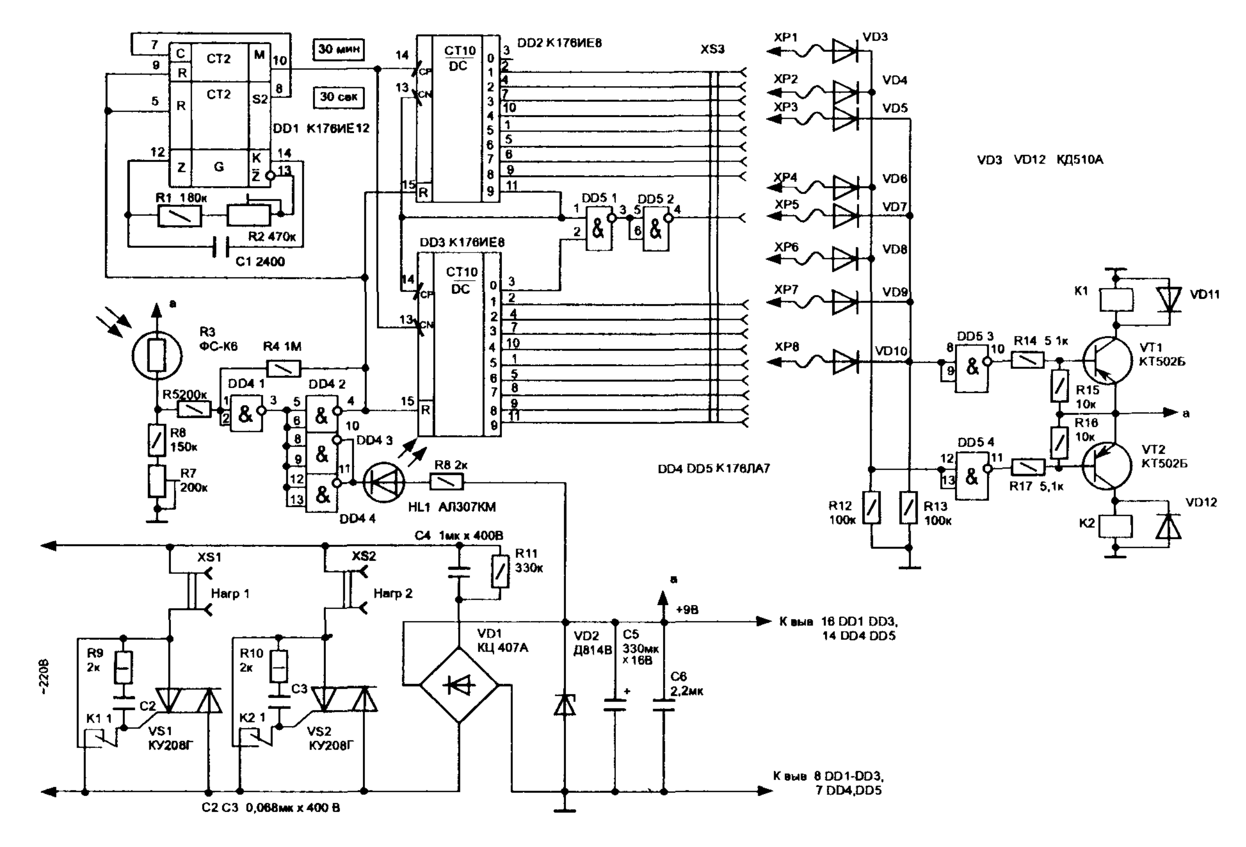


Рис. 140. Охранное устройство на базе имигатора

вилок XP1 — XP8 соединены с гнездами-контактами разъема XS3, напряжение логической 1 поступает на входы логических элементов DD5.3 и DD5.4. При этом срабатывают электромагнитные реле K1 и K2, своими контактами включая соответствующий симистор (VS1 или VS2), которые подключают к сети нагрузку — осветительные приборы и аудиовизуальные приборы. Программа включения этих приборов задается вставкой вилок XP1 — XP8 в соответствующие гнезда разъема XS3.

Элементы R9, R10, C2, C3 предназначены для уменьшения обгорания контактов реле. Диоды VD11, VD12 защищают транзисторы от индукционных всплесков напряжения, возникающих в моменты выключения реле.

В устройстве применены радиодетали следующих типов. Микросхемы DD2 — DD5 могут быть также из серии K561. Транзисторы VT1, VT2 — любые из серий КТ203, КТ208, КТ209, КТ361, КТ502. Диодный мост VD1 — любой на напряжение больше 10 В и ток больше 50 мА. Стабилитрон может быть и другого типа, рассчитанный на напряжение стабилизации 9 В (например, КС191А). Диоды VD3 — VD12 могут быть практически любыми — Д9, КД102, КД103, КД509, КД510 с любыми буквенными индексами. Конденсаторы C2 — C4 — типа К73-17, C5 — К50-24, К50-29 или К5-16, C6 — КМ-6, К10-17 или любого другого типа. Конденсатор C1 определяет стабильность временных интервалов, формируемых генератором, поэтому желательно использовать такие типы, которые имеют небольшой температурный коэффициент емкости (ТКЕ). Можно использовать керамические конденсаторы типов КТ, КД, КЛС, КМ, К10-17 со следующими подгруппами по ТКЕ: П100, П33, МПО, М33, М47, М75, а также пленочные конденсаторы типов К73, К74, К77. Все постоянные резисторы — МЛТ, С2-23, С1-12; подстроечный R7 — многооборотный СП5-2 или СП5-14. Реле K1, K2 — типа РЭС49, паспорт РС4.569.424 (сопротивление обмотки постоянному току 800 Ом). Гнезда XS1, XS2 — типа РД1-1, XS3 — гнездо разъема МРН44, ГРПМ45 или аналогичные. Вилки XP1 — XP8 изготовлены из проволоки подходящего диаметра (должна обеспечиваться плотная вставка в гнездовую часть разъема). К анодам диодов VD3 — VD10 вилки подключаются с помощью гибких проводников (например, из проводов марки МГТФ, МГШВ).

Монтаж устройства произвольный. Фоторезистор располагают таким образом, чтобы на него падал естественный свет с улицы и не попадал бы свет от фонарей. Настройка устройства состоит в подборке порога срабатывания триггера Шмитта с помощью резистора R7 при уменьшении уровня освещенности до определенного предела. Следует также установить вилки в соответствующие гнезда разъема. Чтобы включение и выключение обеих нагрузок могло происходить независимо, следует попарно объединить контакты гнезда разъема, тогда две вилки, управляющие разными нагрузками, можно будет "привязывать" к одному временному интервалу. При необходимости увеличить число интервалов времени количество вилок может быть увеличено.

Два переключателя елочных гирлянд

Схема первого переключателя представлена на рис. 141. Это устройство управляет двумя гирляндами, состоящими из малогабаритных светодиодов красного и зеленого цветов, и предназначено для украшения небольшой новогодней елки.

На транзисторах VT1, VT2 собран симметричный мультивибратор, частота переключения которого определяется номиналами резисторов R1 — R4 и конденсаторов C1, C2. Для указанных на

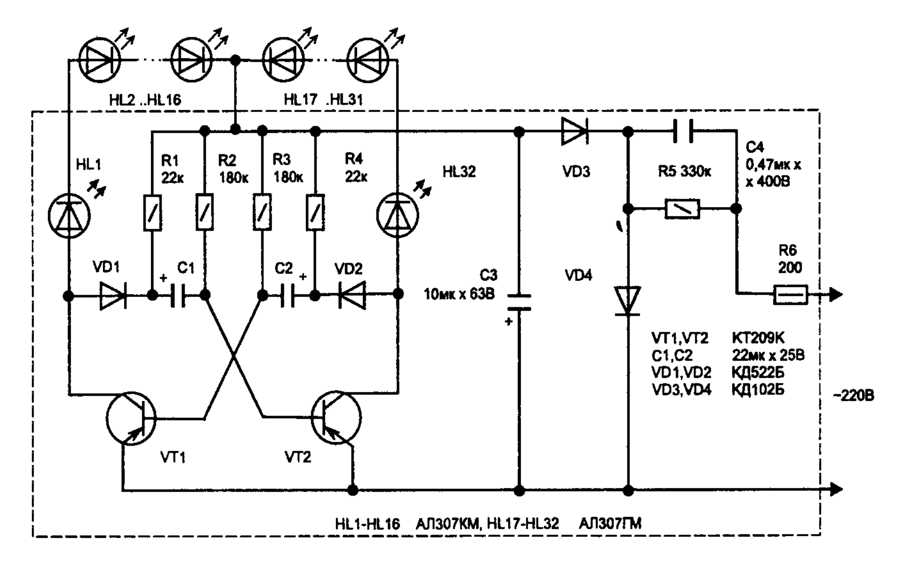


Рис. 141. Переключатель гирлянд для малогабаритной елки

схеме номиналов этих элементов частота составляет около 1 Гц В коллекторные цепи транзисторов включены две гирлянды из светодиодов HL1 — HL32. Диоды VD1, VD2 и резисторы R1, R4 необходимы для обеспечения перезарядки конденсаторов C1 и C2. Источник питания переключателя гирлянд выполнен по схеме однополупериодного выпрямителя на диоде VD3 с использованием балластного конденсатора C4 для гашения напряжения. Диод VD4 необходим для перезарядки конденсатора при положительной волне (относительно нижнего по схеме провода сети) напряжения, резистор R6 ограничивает импульс тока при включении устройства в сеть, когда конденсатор разряжен. Через резистор R5 конденсатор C4 разряжается после выключения устройства из сети. Пульсации выпрямленного напряжения сглаживаются конденсатором C3. Стабилитрон в блоке питания отсутствует, а напряжение на элементах мультивибратора ограничивается напряжением на включенной гирлянде светодиодов, т.е. светодиоды выполняют функцию стабилитронов. Поскольку в любой момент времени обязательно включена одна из двух гирлянд, напряжение на конденсаторе C3 не может превысить напряжение на светящейся гирлянде.

В устройстве можно использовать любые p-n-p-транзисторы с допустимым напряжением между эмиттером и коллектором не менее 40 В. Подойдут транзисторы КТ208 (Ж, И, К, Л, М), КТ209 (Ж, И, К, Л, М), КТ361 (В, Д), КТ501(Ж, И, К, Л, М), КТ502 (с любыми буквами). Светодиоды могут быть из серии АЛ307 с любыми буквами; поскольку прямое падение напряжения на диоде зависит от типа, количество их в гирлянде должно быть таким, чтобы напряжение одной гирлянды не превысило допустимое напряжение транзисторов. Конденсаторы C1 — C3 — К50-24, К50-16, К50-35; C4 — К73-17. В качестве диодов VD1, VD2 можно применить, помимо указанных на схеме, КД509, КД510, КД513 (с любыми буквами), а также КД521 (А, Б, В). Диоды VD3, VD4 должны быть рассчитаны на обратное напряжение не менее 350 В. Подойдут диоды КД105 (Б, В, Г), КД226 (В, Г, Д).

Переключатель гирлянд смонтирован в небольшом пластмассовом корпусе (рис. 142) на плате из фольгированного стеклотекстолита. На плате установлены все элементы, кроме светодиодов HL2 — HL31. Эти светодиоды соединены между собой отрезками провода длиной 10...15 см, а с корпусом — проводами длиной

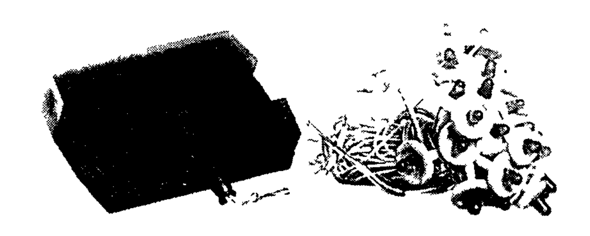


Рис. 142. Внешний вид переключателя гирлянд

1,5...2 м. Для декоративного оформления светодиодов использованы разноцветные пластмассовые пуговицы, у которых расстояние между отверстиями составляет 2,5 мм. При монтаже выводы светодиода вставляют в отверстия пуговицы, припаивают отрезки провода и изолируют место пайки отрезками поливинилхлоридной трубки диаметром 1...1,5 мм и длиной 15...20 мм. На задней стенке корпуса установлены 2 вилки, с помощью которых устройство непосредственно вставляется в розетку электросети. Правильно собранное устройство в налаживании не нуждается.

На рис. 143 приведена схема еще одного устройства управления елочной гирляндой, которое позволяет плавно управлять яркостью свечения ламп. Основная часть схемы аналогична схеме терморегулятора, приведенной на рис. 94 данной книги; на рис. 95 приведены временные диаграммы работы.

Рассмотрим особенности работы этого устройства. На инвертирующий вход компаратора DA2 поступают пилообразные импульсы с частотой, равной двойной частоте сети. На неинвертирующий вход компаратора поступают треугольные импульсы инфранизкой частоты, которые формирует генератор, собранный на логических элементах микросхемы DD1. Элементы D1.1, DD1.2 и резисторы R10, R11 образуют триггер Шмитта, входящий в состав генератора. Допустим, на выходе логического элемента DD1.3 действует напряжение высокого уровня, а конденсатор C4 разряжен. В этом случае через диод VD5 и резистор R11 конденсатор C4 будет заряжаться, а напряжение на нем будет увеличиваться. Когда оно достигнет верхнего порога переключения триггера Шмитта, последний переключится в противоположное состояние, и на выходе элемента DD1.3 установится напряжение низкого уровня. Теперь конденсатор C4 будет разря-

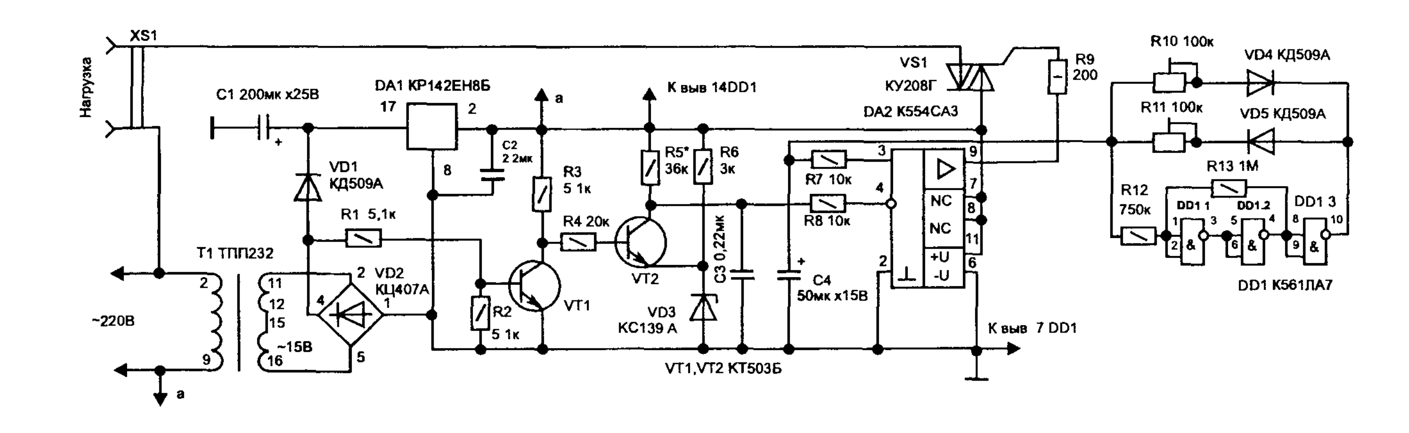


Рис. 143. Устройство плавного управления яркостью гирлянды

жаться через открывшийся диод VD4 и резистор R10. При уменьшении напряжения до нижнего порога переключения триггер Шмитта вновь переключится в противоположное состояние, и процесс формирования импульса повторится. В результате на конденсаторе C4 форма напряжения будет близка к треугольной. Воздействие этого напряжения на неинвертирующий вход компаратора приводит к формированию на выходе компаратора импульсов тока изменяющейся скважности; эти импульсы тока, протекая через цепь управляющего электрода симистора VS1, изменяют яркость ламп гирлянды (они подключены к гнездам “Нагрузка”) от минимальной до максимальной и наоборот.

Стабилитрон VD3 необходим для того, чтобы “приподнять” пилообразное напряжение до уровня, соответствующего нижнему порогу переключения триггера Шмитта.

В качестве микросхемы DA2 можно использовать, помимо указанной на схеме, компараторы типа К521СА3. При использовании компараторов других типов придется применить усилитель тока выходного каскада. Транзисторы VT1, VT2 могут быть любыми структуры n-p-n. Замена остальных радиодеталей, думается, не вызовет затруднений.

Настройка устройства состоит в регулировании подстроечными резисторами R10 и R11 скоростей зажигания и гашения ламп гирлянды.

Мощный терморегулятор

Такой терморегулятор может использоваться для поддержания температуры воздуха в помещении, в ящике для хранения продуктов на балконе, температуры воды в аквариуме и т.п.

Рассмотрим работу терморегулятора по его принципиальной схеме, приведенной на рис. 144. На логических элементах DD1.1, DD1.2 выполнен триггер Шмитта с небольшим гистерезисом, а на элементах DD1.3 — DD1.6 — генератор прямоугольных импульсов, скважность которых близка к 1 (это означает, что большую часть времени в течение периода на выходе генератора имеется напряжение высокого уровня). Импульсы усиливаются по току транзистором VT1 и поступают в цепь управляющего электрода симистора VS1. Источник питания терморегулятора выполнен по схеме однополупериодного выпрямителя на диоде VD3 с исполь-

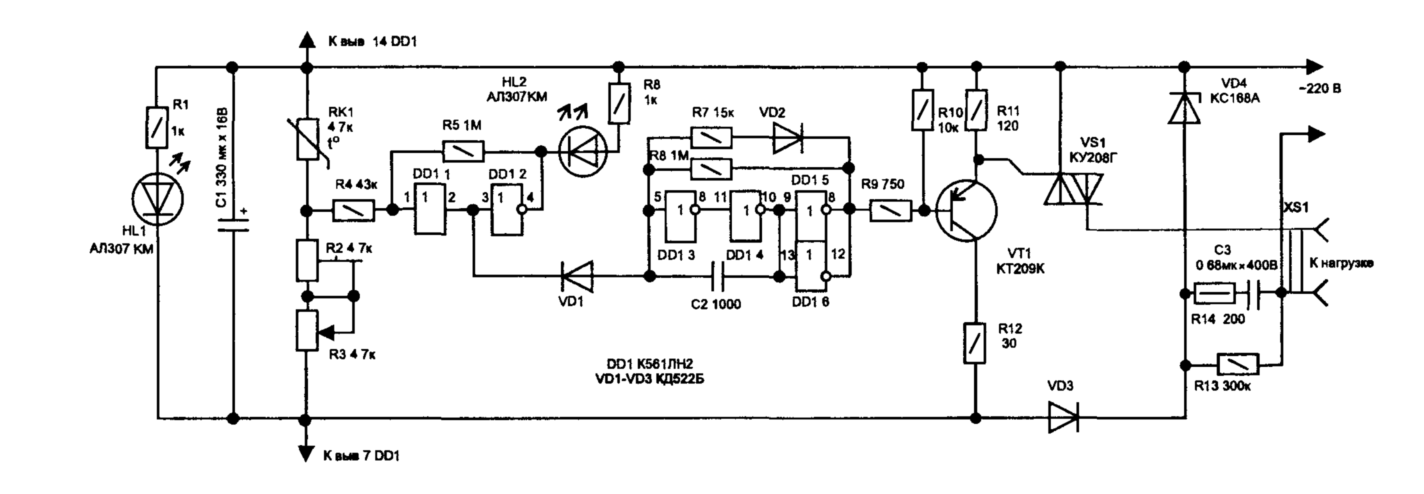


Рис. 144. Принципиальная схема мощного терморегулятора

зованием балластного конденсатора С3 для гашения напряжения. Стабилитрон VD4, помимо стабилизации напряжения, выполняет и другую функцию: через него протекает ток перезарядки конденсатора С3 в течение действия полуволны сетевого напряжения, когда диод VD3 закрыт. Резистор R14 ограничивает импульс тока при включении устройства в сеть, когда конденсатор С3 разряжен. Через резистор R13 конденсатор С3 разряжается после выключения устройства из сети. Пульсации выпрямленного напряжения сглаживаются конденсатором С1. Кроме того, этот конденсатор, накапливая энергию, обеспечивает формирование коротких, но довольно мощных импульсов тока, управляющих симистором.

Если температура среды выше нормы, то сопротивление терморезистора RK1 ниже нормы, напряжение в точке соединения резисторов RK1 и R2 выше нормы, и триггер DD1.1DD1.2 находится в состоянии, при котором на выходе логического элемента DD1.1 действует напряжение низкого уровня. Генератор DD1.3 — DD1.6 заторможен, на его выходе напряжение высокого уровня, и транзистор VT1 закрыт, закрыт и симистор VS1, ток в нагрузку не поступает. При снижении температуры ниже установленного значения триггер переключается в противоположное состояние, начинает работать генератор, и короткие импульсы подаются на управляющий электрод симистора. Поскольку частота импульсов генератора (около 1000 Гц) много больше частоты сети, открывание симистора происходит практически в начале каждого полупериода сетевого напряжения, и симистор остается открытым до окончания очередного полупериода. Следовательно, при наличии импульсов на выходе генератора на нагрузку подается полное напряжение сети (за вычетом падения напряжения на открытых переходах симистора — не более 2 В).

В терморегуляторе можно в качестве микросхемы DD1 использовать также К561ЛН1 или двухвходовые логические элементы инверторов, у которых входы соединяют вместе. Правда, при этом потребуется два корпуса микросхем. Остающиеся свободными логические элементы следует соединять параллельно и использовать в выходном каскаде генератора. Транзистор VT1 может быть из серий КТ208, КТ209, КТ501, КТ502 с любыми буквенными индексами. Стабилитрон VD4 может быть любым другим с напряжением стабилизации 6...10 В и током стабилизации не менее 30 мА.

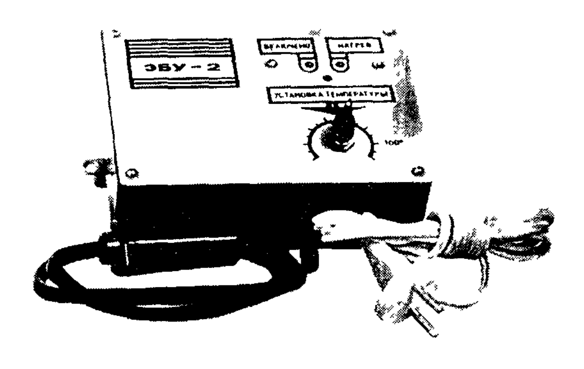


Рис. 145. Внешний вид мощного терморегулятора

Оксидный конденсатор C1 — К50-24, К50-29, К50-35; С2 — КЛС, К10-7, К10-23, КМ-5, КМ-6; С3 — К73-17. Постоянные резисторы — типа МЛТ, С1-12, С2-23; подстроечный резистор R2 — СП5-2 или СП3-38; переменный резистор R3 — ППБ, СП-1, СП-0,4, СП3-30.

Терморегулятор смонтирован в пластмассовом корпусе размерами 155х110х45 мм (рис. 145). На его верхней крышке, выполненной из дюралюминия и окрашенной нитроэмалью, установлены светодиоды HL1, HL2 с надписями "Включено" и "Нагрев", переменный резистор R3 "Установка температуры". Аббревиатура на крышке корпуса "ЭБУ" означает "Электронный блок управления". На боковой стенке корпуса установлен разъем-гнездо XS1 типа РД1-1.

Большая часть элементов устройства смонтирована на печатной плате. Терморезистор RK1 соединен с печатной платой витой парой проводов и помещен в небольшой пластмассовый корпус с отверстиями. Симистор установлен на охлаждающем радиаторе с поверхностью охлаждения 200 $см^2$. В корпусе рядом с радиатором просверлены отверстия для свободной циркуляции воздуха.

Правильно собранный и из исправных радиодеталей терморегулятор начинает работать сразу. Следует лишь подстроечным резистором R2 установить диапазон регулирования температуры. Максимальная мощность нагрузки, которая подключается к терморегулятору, не должна превышать 1100 Вт.

Авторский экземпляр терморегулятора эксплуатируется уже более трех лет для поддержания температуры воздуха в жилом помещении и работает надежно.

Устройство аварийного электропитания

В последнее время в связи с неудовлетворительной экономической ситуацией в стране участились отключения электроэнергии. В дачных же кооперативах и в лучшие времена аварийные отключения происходили нередко. Преобразователь напряжения, описание которого приведено ниже, позволяет осуществлять питание электроприборов от аккумулятора напряжением 12 В. Продолжительность питания в аварийном режиме определяется емкостью аккумуляторной батареи и может достигать нескольких часов. Суммарная мощность потребителей не должна превышать 200 Вт. Форма напряжения — прямоугольные импульсы, частота — 50 Гц.

Рассмотрим работу устройства аварийного электропитания, или преобразователя напряжения, по его принципиальной схеме, представленной на рис. 146. На логических элементах DD1.1 — DD1.3 микросхемы DD1 выполнен генератор, вырабатывающий прямоугольные импульсы частотой 100 Гц. Через буферный элемент DD1.4 импульсы поступают на счетный вход С JK-триггера DD2. Для обеспечения счетного режима работы на информацион-

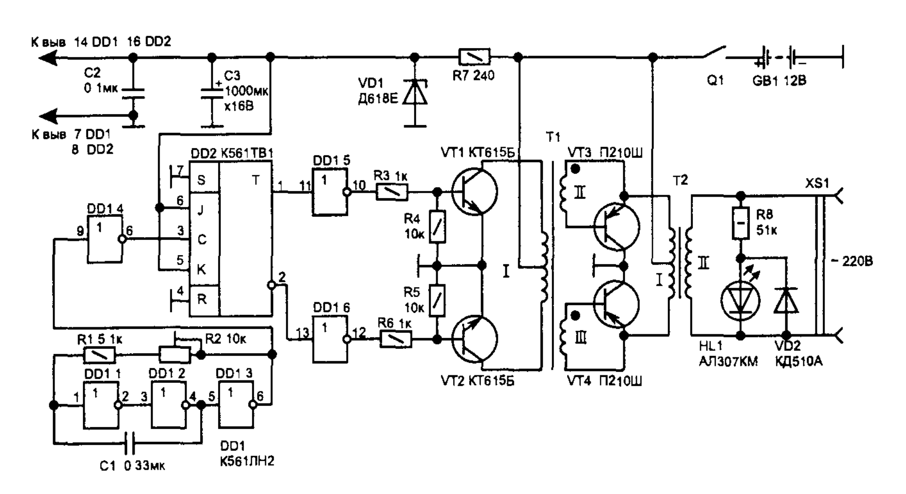


Рис. 146. Принципиальиая схема устройства аварнйного электропитания

ные входы J и K триггера подано напряжение логической 1, а на установочные входы R и S — напряжение логического 0. На прямом и инверсном выходах триггера импульсы следуют с частотой 50 Гц, причем фазы импульсов противоположны (отличаются на 180°). Необходимость использования триггера вызвана тем, что на его выходах импульсы имеют форму идеального меандра, т.е. абсолютно симметричны (скважность равна 2).

С выходов триггера импульсы поступают на буферные логические элементы DD1.5, DD1.6, которые усиливают импульсы по току, и затем подаются через резисторы R3, R6 на базы транзисторов VT1, VT2. В коллекторные цепи указанных транзисторов включены половины обмотки I трансформатора T1. С обмоток II, III трансформатора T1 прямоугольные импульсы поступают на базы транзисторов VT3, VT4. Эти транзисторы, работающие в ключевом режиме, поочередно подают питающее напряжение на половины обмотки I трансформатора T1. Полуобмотки трансформатора включены в эмиттерные цепи транзисторов, а не в коллекторные; это сделано для того, чтобы транзисторы VT3, VT4 типа П210Ш, у которых с корпусом соединен коллектор, можно было бы установить на одном радиаторе без электрической изоляции корпусов транзисторов. Следует заметить, что в данном случае полуобмотки трансформатора T1 с равным успехом (с точки зрения схемотехники) могли бы быть включены и в коллекторные цепи транзисторов. С обмотки II трансформатора T2 снимают напряжение 220 В частотой 50 Гц, которое используют для питания электроприборов. Отличие формы напряжения от синусоидальной практически не влияет на работу электроприборов. Коэффициент трансформации трансформатора T2 (отношение чисел витков обмотки II и половины обмотки I) равен 220/12 =18,3.

Светодиод HL1 индицирует наличие высокого напряжения на вторичной обмотке трансформатора T2. Диод VD2 предохраняет светодиод от воздействия на него обратного напряжения. Микросхемы питаются от параметрического стабилизатора напряжения, выполненного на стабилитроне VD1 и резисторе R7. Стабилизация напряжения необходима для того, чтобы обеспечить неизменность частоты генератора при изменении напряжения аккумулятора. Конденсатор C3 сглаживает пульсации напряжения

частотой 50 Гц. Конденсатор C2 шунтирует высокочастотные случайные помехи.

О деталях устройства. Вместо микросхем серии К561 можно применить микросхемы серий 564, КР1561. Транзисторы VT1, VT2 могут быть любыми из серий КТ815, КТ817, КТ630; VT3, VT4 — П210 с любыми буквами, а также 1Т806, ГТ806, 1Т813 с любыми буквенными индексами. Применение в качестве VT3, VT4 кремниевых транзисторов нежелательно, поскольку они характеризуются большим, чем у германиевых, падением напряжения на переходах в состоянии насыщения, что приводит к значительным тепловым потерям и снижает коэффициент полезного действия устройства. Стабилитрон VD1 заменим на Д814Б, однако температурная стабильность напряжения у него несколько ниже. Диод VD2 может быть абсолютно любым. Конденсатор C1 должен обладать небольшим температурным коэффициент емкости, поскольку от него зависит стабильность частоты генератора. Этому условию удовлетворяют конденсаторы типов К73-17, К73-24. Конденсатор C2 — типа КЛС, К10-7В, КМ-5, КМ-6. Оксидный конденсатор C3 — К50-16, К50-24, К50-35. Подстроечный резистор R2 — типа СП5-2, СП3-14; остальные резисторы С1-12, С2-23 или МЛТ. Выключатель Q1 — тумблер типа ТВ1-4 с четырьмя группами замыкающих контактов; для увеличения коммутируемого тока все четыре группы соединены параллельно. Гнездо XS1 — типа РД1. Трансформатор T1 выполнен на ленточном магнитопроводе ШЛ12х20. Обмотка I содержит 500 витков провода ПЭВ-2 0,21 с отводом от середины; обмотки II и III — по 30 витков провода ПЭВ-2 0,4. Одноименные выводы обмоток II и III должны быть помечены (на схеме показаны точками). Трансформатор T2 выполнен на магнитопроводе ШЛ32х32. Его обмотка I содержит 96 витков провода ПЭВ-2 2,5 с отводом от середины; обмотка II — 920 витков провода ПЭВ-2 0,56.

В качестве аккумуляторной батареи GB1 может быть использована стартерная автомобильная батарея напряжением 12 В, например, 6СТ60. От емкости этой батареи зависит время непрерывной работы преобразователя на нагрузку.

Конструкция устройства произвольная. Транзисторы VT3, VT4 должны быть установлены на теплоотводящий радиатор площадью около 200 см^2. Цепи, соединяющие аккумуляторную батарею,

мощные транзисторы, трансформатор T2, должны быть выполнены проводами сечением не менее 4 мм^2.

Настройка устройства состоит в установлении с помощью подстроечного резистора R2 частоты генератора 100 Гц.

Программатор интервалов времени

Это устройство предназначено для подачи звукового сигнала в установленное время. В отличие от будильника, программатор позволяет заранее установить несколько (в данном случае — четыре) временных интервала. Точность (дискретность) установки временных интервалов — 5 минут.

Рассмотрим работу программатора по его принципиальной схеме, приведенной на рис. 147. На микросхеме DD1 выполнен генератор импульсов кварцованной частоты 32768 Гц, а также счетчики импульсов. На их выходах имеются импульсы, период следования которых или частота указаны на принципиальной схеме.

Импульсы с периодом следования 1 мин подаются на счетный вход CN счетчика DD2.1. Работа микросхемы этого типа — K561ИЕ10 — уже неоднократно была описана в этой книге, и нет нужды повторяться. При появлении на выходах 1 и 4 данного счетчика одновременно напряжений высокого логического уровня, или логической 1 (что соответствует десятичному числу 5), на выходе логического элемента DD3.2 (2И-НЕ) появляется напряжение логического 0, которое поступает на один из входов логического элемента DD3.1. На выходе этого элемента в таком случае появляется напряжение логической 1, которое подается на вход R счетчика DD2.1 и устанавливает триггеры счетчика в исходное состояние, при котором на их выходах присутствует напряжение логического 0. Таким образом, счетчик делит частоту поступающих входных импульсов на два, и на вход следующего счетчика DD2.2 с выхода логического элемента DD3.2 поступают импульсы с периодом следования 5 мин.

Счетчик DD2.2 благодаря наличию обратных связей через логические элементы DD3.3, DD3.4 имеет коэффициент счета 12. Следовательно, заполнение этого счетчика происходит через 5 мин x 12 = 60 мин, т.е. через 1 час. С выхода элемента DD3.4 ча-

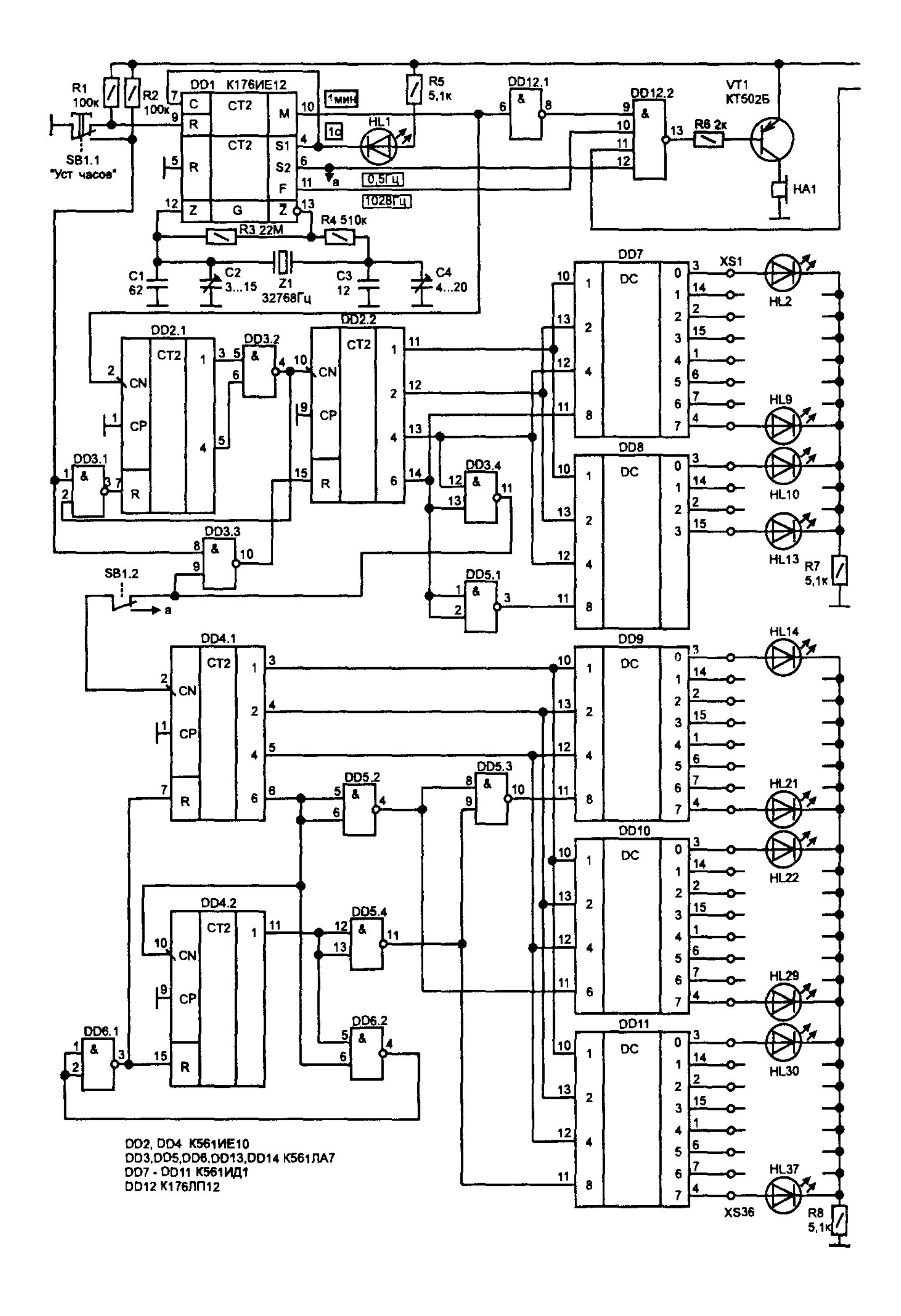
совые импульсы поступают на вход счетчика DD4.1, а с его выхода 8 — на вход счетчика DD4.2.

Работа этих двух счетчиков (DD4.1, DD4.2) иллюстрируется приведенной ниже таблицей истинности (табл. 5).

Как известно, соединенные последовательно пять счетных триггеров обеспечивают коэффициент деления 2^5=32. Чтобы его уменьшить, использованы логические элементы DD6.1, DD6.2. При появлении в двух последних разрядах счетчика одновременно напряжения логической 1 (это происходит после прихода 24-го счетного импульса) на выходе логического элемента DD6.2 появ-

Таблица 5

Номера входных импульсов	Вывод 3 DD4 (разряд 2^0)	Вывод 4 DD4 (разряд 2^1)	Вывод 5 DD4 (разряд 2^2)	Вывод 6 DD4 (разряд 2^3)	Вывод 11 DD4 (разряд 2^4)
0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0
2	0	1	0	0	0
3	1	1	0	0	0
4	0	0	1	0	0
5	1	0	1	0	0
6	0	1	1	0	0
7	1	1	1	0	0
8	0	0	0	1	0
9	1	0	0	1	0
10	0	1	0	1	0
11	1	1	0	1	0
12	0	0	1	1	0
13	1	0	1	1	0
14	0	1	1	1	0
15	1	1	1	1	0
16	0	0	0	0	1
17	1	0	0	0	1
18	0	1	0	0	1
19	1	1	0	0	1
20	0	0	1	0	1
21	1	0	1	0	1
22	0	1	1	0	1
23	1	1	1	0	1
24	0	0	0	0	0


DD1 К176ИЕ12
R1 100к
R2 100к
SB1.1 "Уст часов"
R5 5,1к
HL1
1мин
1с
0,5Гц
1028Гц
DD12.1
DD12.2
R6 2к
VT1 КТ502Б
HA1
R3 22М
R4 510к
C1 62
C2 3...15
Z1 32768Гц
C3 12
C4 4...20
DD2.1
DD3.2
DD2.2
DD3.1
DD3.3
DD3.4
DD5.1
SB1.2
DD7
DD8
DD9
DD10
DD11
XS1
HL2
HL9
HL10
HL13
R7 5,1к
DD4.1
DD4.2
DD5.2
DD5.3
DD5.4
DD6.1
DD6.2
HL14
HL21
HL22
HL29
HL30
HL37
XS36
R8 5,1к
DD2, DD4 К561ИЕ10
DD3,DD5,DD6,DD13,DD14 К561ЛА7
DD7 - DD11 К561ИД1
DD12 К176ЛП12

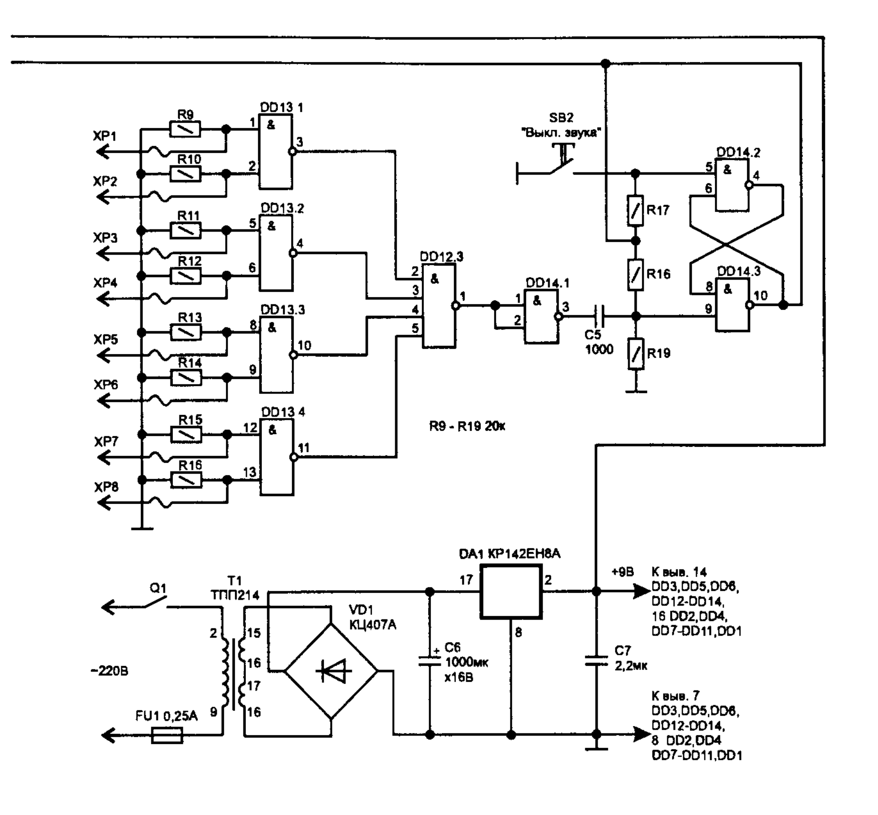


Рис. 147. Принципиальная схема программатора интервалов времени

ляется напряжение логического 0, а на выходе логического элемента DD6.1 — напряжение логической 1. Триггеры счетчиков DD4.1, DD4.2 устанавливаются в исходное, нулевое, состояние, после чего процесс счета начинается снова.

Для дешифрирования логических состояний счетчиков использованы микросхемы DD7 — DD10 типа К561ИД1, представляющие собой дешифратор четырехразрядного двоичного кода в десятичный позиционный код. Активное состояние выхода соответствует уровню логической 1. Соединение входов дешифраторов DD7, DD8 между собой и с выходами счетчика DD2.2 обеспечивает 12-позиционный код 5-минутных интервалов, а вхо-

дов дешифраторов DD9 — DD11 между собой и с выходами счетчиков DD4.1, DD4.2 — 24-позиционный код часовых интервалов. Рассмотрим подробнее работу дешифраторов DD7, DD8. Вначале необходимо ознакомиться с таблицей истинности микросхемы К561ИД1 (табл. 6).

Из таблицы, в частности, видно, что при подаче на входы дешифратора двоичного кода, соответствующего числу 10 и более, на всех выходах дешифратора устанавливается уровень логического 0.

Входы 1, 2 и 4 дешифраторов DD7, DD8 соединены между собой, а на вход 8 дешифратора DD8 подается сигнал, инверсный логическому уровню аналогичного входа дешифратора DD7. При подаче на вход счетчика DD2.2 первых семи импульсов на входе дешифратора DD8 действует напряжение логической 1. Как видно из табл. 6, при таком входном сигнале на входе 8, независимо от логических уровней на других входах дешифратора, в активном состоянии могут находиться только выходы 8 и 9 дешифратора;

Таблица 6

№ имп.	Вх. 1	Вх. 2	Вх. 4	Вх. 8	Вых 0	Вых 1	Вых 2	Вых 3	Вых 4	Вых 5	Вых 6	Вых 7	Вых 8	Вых 9
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
3	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
4	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
5	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
6	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
7	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
9	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
10	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

однако они не используются в данной схеме. Поэтому при поступлении первых семи импульсов дешифратор DD8 фактически не работает (ни один из обозначенных на схеме выходов не находится в активном состоянии). С приходом восьмого импульса на выходе 8 счетчика DD2.2 устанавливается напряжение логической 1, а на входе 8 дешифратора DD8 — напряжение логического 0. При этом на всех выходах дешифратора DD7 (задействованных в данном устройстве) действует напряжение логического 0, и в работу включается дешифратор DD8. Светодиоды HL2 — HL13 светятся, когда на соответствующих выходах дешифраторов имеется напряжение высокого уровня. Работа дешифраторов DD7, DD8 хорошо иллюстрируется таблицей истинности (табл. 7). Цифрой 1 показано светящееся состояние светодиодов.

Аналогично работают и дешифраторы DD9 — DD11, дешифрирующие состояния 24-позиционного кода часовых интервалов. В любой момент времени светится один из светодиодов HL14 — HL37, индицируя значение текущего времени в часах.

Для установки нужного часа используется кнопка SB1 "Установка часов". При нажатии этой кнопки устанавливаются в исходное состояние счетчик микросхемы DD1, с выхода M которого снимаются минутные импульсы, а также счетчики DD2.1, DD2.2.

Таблица 7

№ имп.	HL2	HL3	HL4	HL5	HL6	HL7	HL8	HL9	HL10	HL11	HL12	HL13
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

На вход триггера DD4.1 через замыкающие контакты SB1.2 с выхода S2 микросхемы DD1 поступают импульсы с частотой 0,5 Гц. При установке нужного часа, индицируемого загоранием одного из светодиодов HL14 — HL37, кнопку SB1 отпускают. Установка счетчика 5-минутных интервалов в требуемое положение не предусмотрена, поэтому установку программатора нужно производить только в конце каждого часа, когда передают сигналы точного времени.

Во время работы программатора попеременно загораются светодиоды HL2 — HL13, индицируя 5-минутные интервалы, а также попеременно загораются светодиоды HL14 — HL37, индицируя текущий час. Таким образом, одновременно в любой момент времени светятся два светодиода. Светодиод HL1 загорается с частотой 1 Гц и служит индикатором работы устройства.

Для установки нужного момента подачи звукового сигнала использованы четыре элемента совпадения DD13.1 — DD13.4. Входы каждого из этих логических элементов с помощью гибких проводников и вилок XP1 — XP8 соединяются с выходами дешифраторов DD7 — DD11, подключенными к гнездам XS1 — XS36. Для установки момента срабатывания, например, 8 час. 35 мин., вилку XP1 вставляют в гнездо, соединенное со светодиодом HL22, а вилку XP2 — в гнездо, соединенное со светодиодом HL9. Аналогичным образом устанавливают при необходимости и другие временные интервалы, используя для этого вилки XP3 — XP8. Максимально можно установить четыре различных временных интервала.

При наступлении нужного времени на обоих входах одного из логических элементов DD13.1 — DD13.4 устанавливается напряжение логической 1, а на выходе данного логического элемента — напряжение логического 0. Это приводит к установлению на выходе логического элемента DD12.3 напряжения логической 1, а на выходе логического элемента DD14.1 — напряжения логического 0. Через дифференцирующую цепь C5R19 отрицательный перепад напряжения поступает на вход логического элемента DD14.3, который вместе с логическим элементом DD14.2 образует RS-триггер. Поступившим отрицательным перепадом напряжения RS-триггер установится в состояние, при котором на выходе логического элемента DD14.3 появится напряжение высокого уровня.

Оно подается на вход (вывод 11) логического элемента DD12.2. На вывод 10 этого элемента поступают импульсы частотой 1028 Гц, снимаемые с выхода F микросхемы DD1. На вывод 12 логического элемента DD12.2 подаются импульсы с выхода S2 микросхемы DD1 частотой 0,5 Гц. На вывод 9 логического элемента DD12.2 поступают проинвертированные минутные импульсы с выхода М микросхемы DD1. Поскольку переключение первого триггера счетчика DD2.1 происходит спадом минутных импульсов, после каждого такого спада на входе 9 логического элемента DD12.2 действует напряжение логической 1. Таким образом, после переключения RS-триггера DD14.2DD14.3 на выходе логического элемента DD12.2 будут импульсы частотой 1028 Гц, следующие с периодом 0,5 с. Усиленные по току транзистором VT1, эти импульсы возбудят звуковой излучатель HA1, и прерывистый звуковой сигнал возвестит о наступлении установленного времени. Чтобы выключить звуковой сигнал, необходимо нажать кнопку SB2. Если этого не сделать, то через 40 с логический уровень напряжения на выходе М микросхемы DD1 изменится на противоположный, на выводе 9 логического элемента DD12.2 установится напряжение логического 0, и звук выключится.

Питаются все элементы программатора от стабилизатора, выполненного на микросхеме DA1. Его выходное напряжение равно 9 В.

Несколько слов о назначении отдельных элементов программатора. Резисторы R1, R2 обеспечивают подачу напряжения высокого уровня на соответствующие выводы микросхем, а резисторы R9 — R16 — подачу напряжения низкого уровня на входы логических элементов микросхемы DD13.

О деталях устройства. Микросхемы DD1, DD12 аналогов в других сериях не имеют; все остальные микросхемы могут быть заменены соответствующими аналогами из серии К176. Транзистор VT1 — любой из серий КТ203, КТ361, КТ501, КТ502. Кварцевый резонатор Z1 — малогабаритный на частоту 32768 Гц, предназначенный для использования в электронных часах. Конденсаторы С1, С3, С5 — типов КТ, КЛС, КМ, К10-7В, К10-23, С7 — КМ-6Б, К10-23; оксидный конденсатор С6 — К50-24 или К50-35. Подстроечные конденсаторы С2 и С4 — типа КТ4 или КПК-МП. Все резисторы — МЛТ-0,25. Звуковой излучатель

HA1 — микрофонный капсюль ДЭМШ-1А, вызывной прибор типа ВП-1 или телефонный капсюль любого типа с сопротивлением катушки постоянному току не менее 65 Ом (например, ТК-47, ТК-67). Кнопки SB1, SB2 — типа КМ или П2К; выключатель питания Q1 — переключатель типа П2К с фиксацией положения или тумблер типа МТ1, ТП1-1. Трансформатор Т1 может быть любого другого типа; он должен обеспечивать на вторичной обмотке напряжение 12...15 В при токе не менее 100 мА. Гнезда и вилки — любого типа, совместимые друг с другом.

Монтаж элементов устройства выполнен комбинированным способом на двух монтажных платах № 2 (рис. 16 книги). Светодиоды расположены в две вертикальные линейки. На верхней крышке устройства около светодиодов располагаются соответствующие им гнезда XS1 — XS36; рядом нанесены надписи, обозначающие время: 0 м, 5 м, 10м,..., 55 м; 0 час, 1 час,..., 23 час. Длина проводников, соединяющих входы логических элементов микросхемы DD13 с вилками XP1 — XP8, зависит от конструкции и может быть 15...20 см.

Если монтаж устройства выполнен без ошибок, то устройство начнёт работать сразу. С помощью конденсаторов С2 и С4 осуществляют соответственно грубую и точную установку частоты. Сделать это можно по сигналам точного времени или по образцовому частотомеру.

После включения программатора необходимо кратковременно нажать кнопку SB2, чтобы установить триггер DD14.2DD14.3 в исходное состояние.

Стабилизаторы напряжения на микросхемах серии КР142

Выпускаемые отечественной промышленностью интегральные стабилизаторы напряжения серии КР142 позволяют простыми схемными методами получить стабилизированные напряжения в достаточно большом диапазоне — от единиц вольт до нескольких десятков вольт. Рассмотрим некоторые схемные решения, которые могут представить интерес для радиолюбителей.

Микросхема КР142ЕН5А — это интегральный стабилизатор с фиксированным выходным напряжением +5 В. Типовая схема включения этой микросхемы уже была представлена в книге (см.

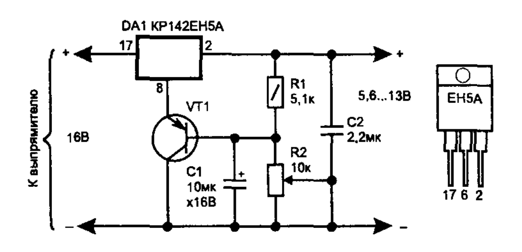


Рис. 148. Регулируемый стабилизатор напряжения на базе КР142ЕН5А

рис. 105). Однако, несколько изменив схему включения, можно на базе этой микросхемы построить стабилизатор с регулируемым выходным напряжением в диапазоне от 5,6 В до 13 В. Схема представлена на рис. 148.

На вход интегрального стабилизатора (вывод 17 микросхемы DA1) поступает нестабилизированное напряжение +16 В, а на вывод 8 — сигнал с выхода стабилизатора, регулируемый переменным резистором R2 и усиленный по току транзистором VT1. Минимальное напряжение (5,6 В) складывается из напряжения между коллектором и эмиттером полностью открытого транзистора, которое равно около 0,6 В, и номинального выходного напряжения интегрального стабилизатора в его типовом включении (5 В). При этом движок переменного резистора R2 находится в верхнем по схеме положении. Конденсатор C1 сглаживает пульсации напряжения; конденсатор C2 устраняет возможное высокочастотное возбуждение микросхемы. Ток нагрузки стабилизатора — до 3 А (микросхема при этом должна быть размещена на теплоотводящем радиаторе).

Микросхемы К142ЕН6А (Б, В, Г) представляют собой интегральные двуполярные стабилизаторы напряжения с фиксированным выходным напряжением 15 В. При этом максимальное входное напряжение каждого из плеч 40 В, а максимальный выходной ток — 200 мА. Однако на базе этого стабилизатора можно построить двуполярный регулируемый источник стабилизированного напряжения. Схема представлена на рис. 149.

Изменяя напряжение на выводе 2 интегрального стабилизатора, можно изменять выходное напряжение каждого плеча от 5 В до 25 В. Пределы регулировки для обоих плеч устанавливают резисторами R2 и R4. Следует помнить, что максимальная рассеива-

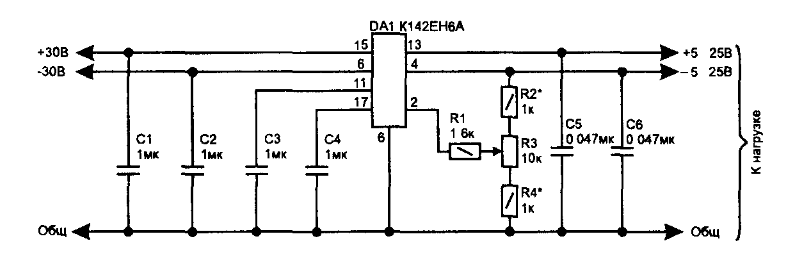


Рис. 149. Регулируемый двуполярный стабилизатор на базе К142ЕН6А

емая мощность стабилизатора — 5 Вт (разумеется, при наличии теплоотвода).

Микросхемы КР142ЕН18А и КР142ЕН18Б представляют собой регулируемые стабилизаторы напряжения с выходным напряжением 1,2...26,5 В и выходным током 1 А и 1,5 А соответственно. Регулирующий элемент стабилизатора включен в минусовой провод источников питания. Корпус и цоколевка стабилизаторов этого типа аналогичны микросхеме КР142ЕН5А.

Микросхемы оснащены системой защиты от перегрузки выходным током и от перегрева. Входное напряжение должно находиться в диапазоне 5. .30 В. Мощность, рассеиваемая микросхемой с теплоотводом, не должна превышать 8 Вт. Типовая схема включения микросхем КР142ЕН18А (Б) приведена на рис. 150.

При всех условиях эксплуатации емкость входного конденсатора C1 не должна быть менее 2 мкФ. При наличии сглаживающего фильтра выходного напряжения, если длина проводников, соединяющих его со стабилизатором, не превышает 1 м, входным кон-

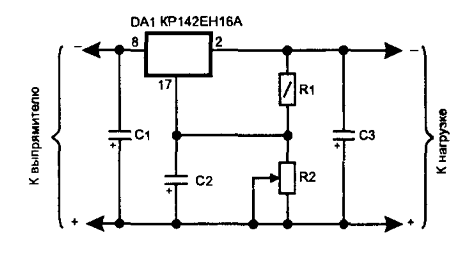


Рис. 150. Типовая схема включения интегрального стабилизатора КР142ЕН18А

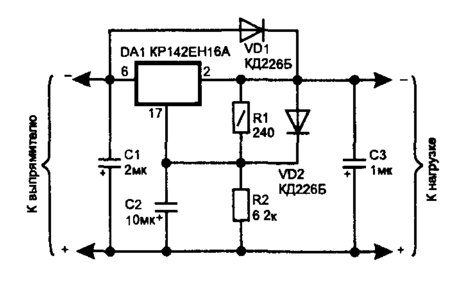


Рис. 151. Схема включения защитных диодов в стабилизаторе

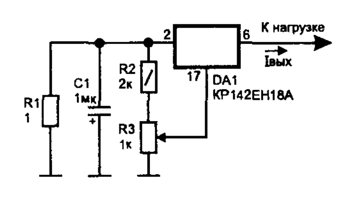


Рис. 152. Стабилизатор тока на базе КР142ЕН18А

денсатором стабилизатора может служить выходной конденсатор фильтра.

Выходное напряжение устанавливают выбором номиналов резисторов R1 и R2. Они связаны соотношением:

$$U_{вых}=U_{вых\ мин}(1+R2/R1),$$

при этом ток, протекающий через эти резисторы, должен быть не менее 5 мА. Емкость конденсатора С2 выбирают обычно большей 2 мкФ.

В тех случаях, когда суммарная емкость на выходе стабилизатора превышает 20 мкФ, случайное замыкание входной цепи стабилизатора может привести к выходу из строя микросхемы, поскольку к ее элементам будет приложено напряжение конденсатора в обратной полярности. Для защиты микросхемы от подобных перегрузок необходимо включать защитный диод VD1 (рис. 151), шунтирующий ее при аварийном замыкании входной цепи. Аналогично диод VD2 защищает микросхему по выводу 17 в тех случаях, когда по условиям эксплуатации емкость конденсатора С2 должна быть более 10 мкФ при выходном напряжении более 25 В.

На базе интегрального стабилизатора напряжения можно выполнить и стабилизатор тока (рис. 152). Выходной ток стабилизации ориентировочно равен $I_{вых}$=1,5 В/R1, где R1 выбирают в пределах 1...120 Ом. С помощью переменного резистора R3 можно регулировать выходной ток.

Если обратиться к справочным характеристикам интегральных стабилизаторов напряжения КР142ЕН12А (Б), то можно заметить у них много общего с КР142ЕН18А (Б). Типовая схема включения микросхемы КР142ЕН12А аналогична схеме включения

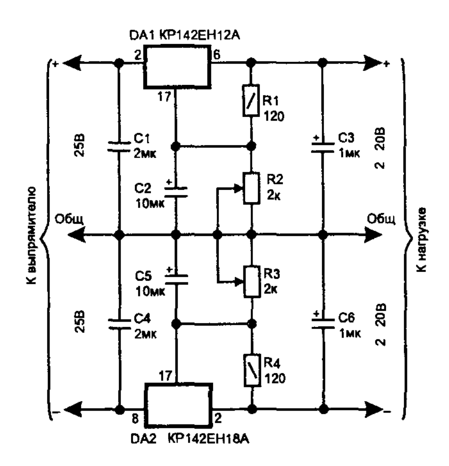


Рис. 153. Двуполярный стабилизатор напряжения на базе КР142ЕН12А и КР142ЕН18А

КР142ЕН18А, только регулирующий элемент включен в плюсовой провод источника питания. На базе этих микросхем несложно собрать двуполярный стабилизатор напряжения. Его схема представлена на рис. 153. Каких-либо особых комментариев здесь не требуется. Для одновременного изменения напряжения плеч стабилизатора переменные резисторы R2 и R3 можно заменить одним, сдвоенным.

ВЫБОР И ВОЗМОЖНАЯ ЗАМЕНА ЭЛЕМЕНТОВ

Приступая к изготовлению того или иного устройства, конструктор прежде всего оценивает свои возможности с точки зрения наличия у него необходимых элементов и, если надо, приступает к поискам недостающих деталей. Однако, прежде чем заняться приобретением элементов, целесообразно составить перечень всех возможных замен и еще раз оценить свои возможности.

Не следует догматически подходить к использованию обязательно тех типов элементов, о которых говорится в описании конструкции. Обычно автор указывает те типы элементов, которые оказались у него в наличии и которые он применил в устройстве. В подавляющем же большинстве случаев можно предложить ряд аналогов, которые в устройстве будут работать не хуже рекомендуемых.

При замене элементов следует руководствоваться соответствием параметров вновь предлагаемых элементов тем требованиям, которые предъявляют к ним. Обычно достаточно обеспечить такое соответствие всего лишь для двух-трех основных параметров элемента. При поиске возможных замен следует пользоваться данными справочной литературы, список которой приведен в конце книги.

Для *резисторов* определяющими являются два параметра: номинальное сопротивление и рассеиваемая мощность. В устройствах, описанных в данной книге, во всех случаях допускается отклонение номинальных значений сопротивлений резисторов от указанных на принципиальных схемах в ту или иную сторону на 10...20 %. При этом следует помнить, что и у самого резистора допускается некоторый разброс сопротивления от номинального значения.

Номинальную мощность резистора выбирают, исходя из рассеиваемой на нем мощности P, которую можно подсчитать по формуле $P = U^2/R$, где U - действующее значение напряжения на резисторе; R - сопротивление резистора. Мощность большей части резисторов, использованных в описанных конструкциях, составляет 0,25 Вт. Вместо них во всех случаях можно также применять резисторы мощностью 0,125 Вт. Однако в ряде случаев, главным образом в цепях питания, желательно ставить резисторы большей мощности.

Вообще же должен быть некоторый запас по этому параметру, чтобы не допускать нагревания корпуса резистора до высокой температуры, что может вызвать деформацию пластмассового корпуса устройства.

При замене *конденсаторов* следует обращать внимание на их тип, емкость и номинальное напряжение. Практически во всех устройствах связи оксидные полярные конденсаторы можно заменить обычными неполярными, но они, как правило, имеют бóльшие размеры и массу. При выборе емкости конденсатора следует исходить из тех функций, которые он в данном узле выполняет. Так, емкость конденсаторов, работающих в фильтрах источников питания, всегда может быть больше (по сравнению с указанной на схеме) в несколько раз - вреда от этого не будет. Более внимательно следует подходить к выбору емкости конденсаторов, работающих во времязадающих цепях (генераторы, реле времени). Здесь следует придерживаться правила: произведение емкости конденсатора на сопротивление резистора времязадающей цепи должно сохраняться неизменным.

При выборе номинального напряжения конденсатора необходимо руководствоваться значением максимального напряжения, которое может действовать в данном узле устройства.

Для *полупроводниковых диодов* определяющими параметрами являются максимальное обратное напряжение и максимальный прямой ток. Именно это следует учитывать при замене диодов, работающих в выпрямителях. При замене диодов, работающих в блоке питания с преобразованием частоты (см. рис. 67), необходимо помимо двух названных параметров учитывать и предельную рабочую частоту диода. Для диодов, работающих, например, в дешифраторе, определяющим параметром является прямое напряжение - оно не должно превышать напряжение низкого уровня для данной серии микросхем (для К155 - не более 0,4 В).

При замене *транзисторо*в учитывают такие их параметры, как предельно допустимое напряжение между коллектором и эмиттером $U_{КЭ\,max}$, максимальный ток коллектора $I_{К\,max}$, минимальное значение статического коэффициента передачи тока базы $h_{21Э}$, допустимая рассеиваемая мощность Pmax.

Для *электромагнитных реле*, используемых в устройствах телефонной связи, определяющими параметрами являются сопротивление обмотки и ток срабатывания, а также число контактных групп. Произведение первых двух параметров указывает напряжение срабатывания реле. Рабочее напряжение должно быть на 20...30 % больше напряжения срабатывания реле для обеспечения надежного срабатывания и удержания якоря реле в условиях возможных

вибраций. Ток через обмотку реле не должен превышать предельный коллекторный ток коммутирующего транзистора. Для использования в описанных устройствах можно рекомендовать следующие типы электромагнитных реле:

1) с одной группой переключающих контактов - РЭС10 (паспорта РС4.524.302, РС4.524.314, РС4.524.319), РЭС15 (паспорта РС4.591.004, РС4.591.006. ХП4.591.010, ХП4.591.011, ХП4.591.013, ХП4.591.014), РЭС34 (паспорта РС4.524.372, РС4.524.376), РЭС49 (паспорта РС4.569.000, РС4.569.423, РС4.569.424);

2) с двумя группами переключающих контактов - РЭС6 (паспорта РФО.452.103, РФО.452.104), РЭС9 (паспорта РС4.524.200, РС4.524.201, РС4.524.209, РС4.524.213), РЭС37 (паспорта РФ4.510.064, РФ4.510.072), РЭС47 (паспорта РФ4.500.408, РФ4.500.417), РЭС48 (паспорта РС4.590.201, РС4.590.207, РС4.590.213, РС4.590.218), РЭС54 (паспорта ХП4.500.010, ХП4.500.011), РЭС60 (паспорта РС4.569.436, РС4.569.437);

3) с четырьмя группами переключающих контактов - РЭС22 (паспорта РФ4.500.131, РФ4.500.163, РФ4.500.225, РФ4.500.231), РЭС32 (паспорта РФ4.500.342, РФ4.500.343, РФ4.500.354, РФ4.500.355).

Данные реле рассчитаны на напряжения срабатывания 12...20 В; возможно применение реле с меньшим напряжением срабатывания - тогда последовательно с обмоткой следует включить ограничивающий резистор.

И наконец, о возможной замене *микросхем*. В устройствах, о которых рассказывается в книге, использованы ТТЛ-микросхемы и КМОП-микросхемы. Они отличаются всеми основными параметрами: потребляемой мощностью, уровнями напряжения, входными и выходными токами. Поэтому непосредственная замена ТТЛ-микросхем на КМОП-микросхемы и наоборот недопустима. Более просто решается вопрос о замене микросхем ТТЛ их аналогами из микросхем ТТЛ. Наиболее распространены микросхемы ТТЛ серий К130, К133, К155, К158, К530, КР531, К555. Для устройств, базирующихся на КМОП-микросхемах, можно использовать микросхемы серий К164, К176, К561, К564. При замене микросхем учитывают их функциональное назначение, характер выходного каскада (открытый или закрытый) и, конечно, цоколевку.

Список литературы

Аксенов А.И. и др. Элементы схем бытовой радиоаппаратуры. Диоды. Транзисторы: Справочник/А.И.Аксенов, А.В.Нефедов, А.М.Юшин. - М.: Радио и связь, 1993. - 224 с.

Алексеев С. Применение микросхем структуры КМОП. - Радио, 1993, 1, с.31.

Алексеев С. Применение микросхем ТТЛ. - Радио, 1991, 12, с.66 - 68; 1993, 12, с.15 - 17.

Бнрюков С. Генераторы и формирователи импульсов на микросхемах КМОП. - Радио, 1995, 7, с.36, 37; 9, с.54, 55.

Бнрюков С.А. Применение интегральных микросхем серий ТТЛ. - М.: Патриот, МП "Символ-Р". "Радио", 1992. - 120 с.

Бирюков С.А. Цифровые устройства на МОП-интегральных микросхемах. - М.: Радио и связь, 1990. - 128 с.

Борнсов В.Г. Юный радиолюбитель. - 7-е изд., перераб. и доп. - М . Радио и связь, 1985. - 440 с.

Борисов В.Г., Партин А.С. Практикум радиолюбителя по цифровой технике. - М.: Патриот, МП "Символ-Р", 1991. - 144 с.

Бродский М.А. Бытовая радиоэлектронная аппаратура. - Мн.: Полымя, 1994. - 351 с.

Верховцев А.Г., Лютов К.П. Практические советы мастеру-любителю: Электроника. Электротехника. Материалы и их применение. - 4-е изд., стереотипное. - Спб.: Энергоатомиздат. С.-Петербург. отд-ние, 1994. - 272 с.

Галкин В.И. и др. Полупроводниковые приборы: Справ. В.И.Галкин, А.Л.Булычев и др. - Мн.: Беларусь, 1994. - 347 с.

Евсеев А.Н. Радиолюбительские устройства телефонной связи. - М.: Радио и связь. 1992. - 80 с.

Евсеев А.Н. На базе телефонных аппаратов. - В помощь радиолюбителю. - 1987. - Вып.96. - с.30 - 49.

Резисторы, конденсаторы, трансформаторы, дроссели, коммутационные устройства РЭА: Справочник/Н.Н.Акимов, Е.П.Ващуков, В.А. Прохоренко, Ю.П.Ходоренок. - Мн.: Беларусь, 1994. - 592 с.

Сидоров И.Н., Скорняков С.В. Трансформаторы бытовой радиоэлектронной аппаратуры: Справочник. - М.: Радио и связь, 1994. - 320 с.

Справочная книга радиолюбителя-конструктора: В 2-х книгах. Под ред. Н.И.Чистякова. - 2-е изд., исправ. - М.: Радио и связь, 1993.

Транзисторы: Справочник/О.П.Григорьев, В.Я.Замятин, Б.В. Кондратьев. С.Л.Пожидаев. - М.: Радио и связь, 1989. - 272 с.

Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы: Справочник/ С.В.Якубовский, Л.И.Ниссельсон, В.И.Кулешова и др.; Под ред. С.В.Якубовского. - М.· Радио и связь, 1990. - 496 с.

Шнло В.Л. Популярные микросхемы ТТЛ - М.: "Аргус", 1993. - 64 с.

Шило В.Л. Популярные микросхемы КМОП. Справочник. - М.: **Изд-во** "Ягуар", 1993. - 64 с.

ОБЗОР НЕКОТОРЫХ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ПОСЛЕДНЕЕ ВРЕМЯ В ЖУРНАЛАХ “РАДИО” И “РАДИОЛЮБИТЕЛЬ”

1. Н. Казаков, А. Петров. Конденсаторный преобразователь напряжения с умножением тока (Радио, 1999, №1, с. 42 — 44).

В статье предложено весьма оригинальное решение построения источника питания, понижающего напряжение сети, но не содержащего понижающего трансформатора. Принцип работы такого источника питания состоит в следующем. В течение действия одного полупериода сетевого напряжения к сети подключена батарея последовательно соединенных конденсаторов, которые заряжаются до амплитудного значения сетевого напряжения. Поскольку эти конденсаторы имеют одинаковую емкость, напряжение на каждом из них равно общему напряжению, деленному на количество конденсаторов в батарее. В следующий полупериод сетевого напряжения с помощью коммутационных элементов конденсаторы соединяются параллельно и отдают накопленную энергию в нагрузку. При этом емкости всех конденсаторов суммируются, что увеличивает отдаваемый в нагрузку ток.

Данный принцип защищен авторским свидетельством на изобретение.

Приведена принципиальная схема зарядного устройства для автомобильных аккумуляторов, построенного в соответствии с вышеприведенным методом. Его мощность составляет 150 Вт, а масса не превышает 1 кг. Зарядный ток при напряжении 12 В достигает 7 А. Для накопления энергии использованы оксидные конденсаторы емкостью 2200 мкф напряжением 25 В в количестве 12 шт., а в качестве элементов коммутации используются диоды КД209А в количестве 38 шт., а также тиристорный оптрон ТО325-12,5-4.

2. А. Частов. Источник бесперебойного питания (Радиолюбитель, 1999, № 2, с. 20).

Данное устройство преобразует постоянное напряжение 12 В в переменное 220 В частотой 50 Гц в случае пропадания напряжения в питающей сети. При наличии напряжения в сети устройство его понижает, выпрямляет и оно используется для подзарядки аккумулятора. Конструкция интересна тем, что трансформатор использован в реверсивном включении, т.е. работает и как понижающий, и как повышающий. Выпрямительные диоды (2 шт.) также выполняют две функции: при работе в режиме 220/12 они работают как выпрямители, а в режиме 12/220 используются для защиты транзисторов преобразователя от всплесков напряжения.

Задающий генератор выполнен по схеме симметричного мультивибратора. В качестве ключевых элементов используются составные транзисторы типа КТ827А. Мощность преобразователя составляет 220 Вт.

3. В. Банников. Светорегулятор со ступенчатым регулированием. (Радио, 1998, № 9, с. 43 — 43).

Это устройство позволяет ступенчато изменять мощность в нагрузке нажатием кнопки. При этом изменяется ток зарядки конденсатора, подключенного к базе однопереходного транзистора, и, следовательно, фаза открывания тиристора. Основное достоинство регулятора мощности — отсутствие переменного резистора, который используется для регулирования мощности в большинстве подобных устройств и быстро изнашивается.

Разумеется, такое устройство может быть использовано для регулирования мощности не только ламп накаливания, но и других электроприборов. В описанном варианте регулятора мощность нагрузки не должна превышать 220 Вт, но она может быть легко увеличена путем применения выпрямительного моста большей мощности.

В устройстве использованы микросхемы К561ЛА7, К561ИЕ8, однопереходный транзистор КТ117А, тиристор КУ202М.

4. Ф. Дубинин. Реле защитного отключения (Радио, 1999, № 1, с. 40).

В статье описано устройство, предотвращающее возможность поражения электрическим током при случайном прикосновении к токоведущим частям. Действие устройства основано на возникновении разности токов в нулевом и фазном проводах при возникновении тока утечки через тело человека (т.е. втекающий в нагрузку ток становится не равным вытекающему). Датчиком тока является дифференциальный трансформатор, сигнал с выхода которого усиливается операционным усилителем. Если дифференциальный ток превышает установленный порог (в данном случае 7 мА), то срабатывает электромагнитное реле, которое отключает цепь питания нагрузки.

В устройстве используются два операционных усилителя КР140УД1208, транзистор КТ315Б, тиристор КУ201К, реле РП21. Максимальный ток нагрузки — 10 А.

5. А. Зеленин. Защита РЭА от бросков напряжения (Радиолюбитель, 1998, № 12, с. 28).

Это устройство отключает радиоэлектронную аппаратуру, если напряжение питающей сети становится менее 160 В или превышает 250 В. При восстановлении нормального напряжения питающей сети устройство не включается повторно; требуется нажать кнопку. Это необходимо, когда аппаратура находится во включенном состоянии без присмотра, а питающая сеть в это время начинает многократно "скакать" или отключаться. Быстродействие устройства составляет несколько десятков миллисекунд.

В устройстве использованы оптрон АОД101, тиристор КУ112, реле РЭН33.

6. Устройство защиты радиоаппаратуры от превышения сетевого напряжения (Радио, 1997, № 6, с. 44 — 45).

В отличие от вышеназванного, описанное в данной статье устройство отличается высоким быстродействием — оно срабатывает в течение одной полуволны сетевого напряжения, т.е. в течение не более 10 мс. Это снижает вероятность выхода из строя радиоаппаратуры от воздействия на нее бросков напряжения.

В устройстве использованы микросхемы серии К561 (3 шт.), транзисторы КТ630А, КТ315Б, симистор КУ208Г.

7. Ю. Андреев. Стабилизаторы температуры в бытовых устройствах (Радио, 1998, № 6, с. 4 — 47).

Эта статья посвящена выбору и практике реализации электронных автоматов, предназначенных для поддержания необходимой температуры в различных бытовых устройствах. Дан обзор 12 публикаций по этой тематике, приведено описание терморегулятора, приведены формулы для расчета мощности нагревателя. Все упомянутые в статье устройства работают по принципу “нагреватель включен — нагреватель отключен”, что не позволяет обеспечить высокую точность поддержания температуры. Приведенные в статье сведения о поддержании температуры такими устройствами с точностью 0,1 град вызывают сомнения. Действительно высокую точность позволяют обеспечить терморегуляторы не с релейным, а с плавным изменением мощности нагревательного элемента. Схема такого регулятора приведена на рис. 94 данной книги.

СОДЕРЖАНИЕ

От издателя 3
Интегральные микросхемы и работа с ними 4
О мерах безопасности
при изготовлении и наладке устройств 18
Электронные игры 20
Электронный кубик 20
"Кто выше?" 22
Игровое устройство "Рулетка" .25
Генератор случайных чисел 28
Термометр 30
"Кто быстрее?" 33
Логический прибор "Версия" 38
Рефлексометр 44
Электронный светофор 49
Устройства бытового назначения 53
Сторожевые устройства 53
Переключатели елочных гирлянд 59
Реле выдержки времени 70
Карманный электронный секундомер 90
Преобразователь напряжения для электробритвы 93
Тринисторные регуляторы мощности 94
Зарядные устройства для аккумуляторов 104
Устройство для автоматической
зарядки и разрядки автомобильных аккумуляторов 119
Регуляторы для холодильников 126
Автоматы лестничного освещения 131
Автомат уличного освещения .134
Регуляторы температуры 135
Стабилизатор сетевого напряжения 140
Устройства для школьной лаборатории радиолюбителя .147
Регуляторы мощности электропаяльника 147
Приспособление для удаления
изоляции с монтажных проводов 149

Источники питания 150
Двуполярные блоки питания 156
Зарядное устройство для гальванических элементов 165
Генераторы импульсов 166
Лабораторный трансформатор 173
Отдельные узлы электронных устройств 176
Счетные декады 176
Счетчик импульсов с динамической индикацией 177
Электронный пускатель 186
Узел выключения прибора 187
Новые технические решения 188
Цифровой измеритель заряда 188
Стабилизатор сетевого напряжения 196
Охранное устройство на базе имитатора 203
Два переключателя елочных гирлянд 207
Мощный терморегулятор 211
Устройство аварийного электропитания 215
Программатор интервалов времени 218
Стабилизаторы напряжения на микросхемах серии КР142 .226
Выбор и возможная замена элементов 231
Список литературы 234
Обзор некоторых статей, опубликованных в последнее время в журналах “Радио” и “Радиолюбитель” 235
Содержание 239

ООО Издательство “Солон-Р”
ЛР № 066584 от 14 05 99
Москва, ул Тверская, д 10, стр 1, ком 522
Формат 60x88/16 Объем 15 п л Тираж

ООО “Пандора-1”
Москва, Открытое ш , д 28
Заказ №